

Intermittent Positive Pressure Breathing (IPPB)
versus
Sustained Maximal Inspiration (SMI)

von
Rolf-Dietmar Ontrup
aus
Herne

Duss Erlangen
1984

1984 # 179

Annalen des Instituts für Anatomie und Physiologie

des Kaiserlichen Universitäts-Krankenhauses zu Berlin

Verlag: Hirschwald, Berlin, 1882

Intermittent Positive Pressure Breathing (IPPB)

VERLAG

Sustained Maximal Inspiration (SMI)

ANATOMICAL-DEPARTMENT

Digitized by the Internet Archive
in 2026

der Medizinischen Fakultät

der Friedrich-Wilhelms-Universität

zu Berlin

VERLAG

VON

H. G. O. O. O. O.

VERLAG

1882

Aus dem Institut für Anaesthesiologie

der Universität Erlangen-Nürnberg

Direktor: Professor Dr. med. E. Rügheimer

Intermittent Positive Pressure Breathing (IPPB) versus Sustained Maximal Inspiration (SMI)

INAUGURAL – DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde

der Medizinischen Fakultät

der Friedrich - Alexander - Universität

Erlangen-Nürnberg

vorgelegt

von

Rolf-Dietmar Ontrup

aus

Herne

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät
der Universität Erlangen-Nürnberg

Dekan: Prof. Dr. F. Wolf
Referent: Priv.-Doz. Dr. M. Brandl
Korreferent: Prof. Dr. E. Rügheimer
Tag der mündlichen Prüfung: 19.03.1984

Meinen Eltern gewidmet

INHALTSVERZEICHNIS

- I. EINLEITUNG
- II. DIE VERFAHREN DER ATEMTHERAPIE
 - 1. Die Inhalationstherapie mittels IPPB
(Intermittent Positive Pressure Breathing)
 - 2. Die Atemtherapie mittels willkürlicher
maximaler Inspirationsbemühungen des
Patienten (SMI)
- III. METHODIK
 - 1. Untersuchungsablauf
 - 2. Die Lungenfunktionsparameter
 - 3. Registrierung und Auswertung der statischen und dynamischen Lungenfunktionsparameter
 - 4. Die Messung des Atemwiderstandes R_{0s}
 - 5. Die Bestimmung der funktionellen Residualkapazität FRC

IV. ERGEBNISSE UND DISKUSSION

1. Meßdaten der Lungenfunktionsprüfungen
2. Statistik
3. Das Verhalten der statischen Lungenfunktionsparameter
4. Das Verhalten der dynamischen Lungenfunktionsparameter und des Atemwiderstands

V. ZUSAMMENFASSUNG

VI. LITERATURVERZEICHNIS

VII. ANHANG

I. EINLEITUNG

Verfolgt man die Geschichte der Inhalationsbehandlung, so findet man bereits im Altertum schriftliche Anweisungen zur Verwendung von Räucherungen, Schwefeldämpfen sowie Meeresaufenthalt bei Hippokrates, Plinius und Galen (1). Diese atemtherapeutischen Verfahren, die auf Jahrhunderte die einzig möglichen bleiben sollten, waren an Landstriche gebunden, an denen besondere klimatische Bedingungen vorherrschten.

Apparate zur Erzeugung von Aerosolen, die von einem Aufenthalt in Kurorten unabhängiger machen konnten, wurden erst vor ca. 100 Jahren entwickelt.

Physikalische Grundlagen zu einer systematischen Aerosoltherapie schuf Heubner Anfang des 20. Jahrhunderts mit seinen Forschungen über Vernebelungen und Nebелеigenschaften (17). Er fand bereits eine Abhängigkeit der Eindringtiefe vernebelter Partikel von ihrer Größe.

Albegger (1) gibt folgende Aufstellung der Beziehung Tröpfchengröße zu bevorzugter Deposition im Atemtrakt an:

Tab 1: Bevorzugte Deposition von Aerosolen in Abhängigkeit zur Tröpfchengröße (1)

Tröpfchengröße	Inhalationsweg	bevorzugte Deposition	effektive Deposition im Zielgebiet in % vom Gesamtvolumen
12 μm	pernasal peroral	Nase, Epipharynx Mund, Pharynx, Larynx	100 100
8 - 12 μm	pernasal peroral	Nase, Epipharynx, Larynx Mund, Pharynx, Larynx, Trachea	80 - 100 80 - 100
6 - 8 μm	pernasal peroral	Nase, Pharynx, Larynx Pharynx, Larynx, Trachea, große Bronchien	60 - 80 60 - 80
3 - 6 μm	peroral	kleine und mittlere Bronchien	30 - 50
0,5 - 3 μm	peroral	kleine Bronchien, alveolarbereich	20 - 30

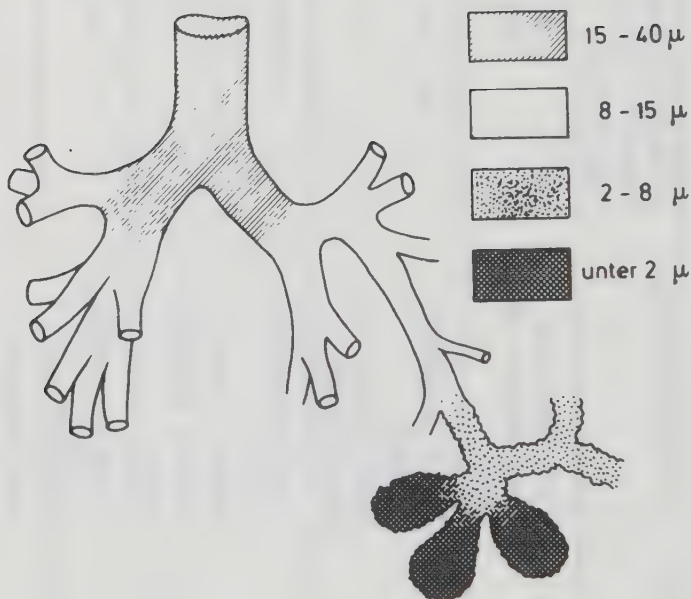


Abb. 1: Bevorzugte Deposition von Aerosolen im Tracheobronchialsystem in Abhängigkeit von der Tröpfchengröße (nach Rügheimer, 41)

Aus dieser Zuordnung läßt sich folgern, daß man bei Auswahl einer bestimmten Tröpfchengröße relativ spezifisch gewisse Abschnitte des Respirationstraktes befeuchten, bzw., bei Zugabe eines Medikamentes, gezielt therapeutisch angehen kann.

Motley (26, 27, 28) führte in den Jahren 1947/48 eine neue Form der Inhalationsbehandlung ein:

"Die Beatmungsinhalation mit intermittierend positivem Druck (IPPB)".

Dieses neue und technisch wie personell aufwendige Verfahren wurde - wie alles Neue - zunächst mit Begeisterung aufgenommen, dem Indikationsfeld kaum Grenzen gesetzt. Diese erste große Welle der Zustimmung ebte jedoch bald ab, kritische, ja sogar ablehnende Stimmen fanden sich mehr und mehr in der Fachliteratur. So steht heute hinter dem IPPB-Beatmungsinhalationsverfahren ein großes Fragezeichen, vor allem in der angloamerikanischen Literatur: "Intermittend positive pressure breathing: Good medicine or gadgetry?" (7).

In der vorliegenden Studie soll nun anhand der Untersuchung von Lungenfunktionsparametern diese Frage näher beleuchtet werden, indem wir der Beatmungsinhalation das Verfahren mit maximalen willkürlichen Inspirationsmanövern (SMI) entgegenstellten,

wie es 1974 von Bartlett entwickelt worden war (5): Insbesondere interessierte uns von der anästhesiologischen Warte aus der therapeutische Effekt in der postoperativen Phase nach großen abdominellen wie auch thorako-abdominalen Eingriffen, die uns immer noch erhebliche pulmonale Komplikationsraten bescheren.

Nachdem in unserem Institut seit 1971 das IPPB-Inhalationsverfahren als perioperative atemtherapeutische Maßnahme vor allem in den letzten Jahren mit stark ansteigenden Zahlen von Behandlungen festen Fuß gefaßt hat (s. Abb. 2), sollte die Effizienz dieses Verfahrens einer eingehenden Prüfung unterzogen werden.

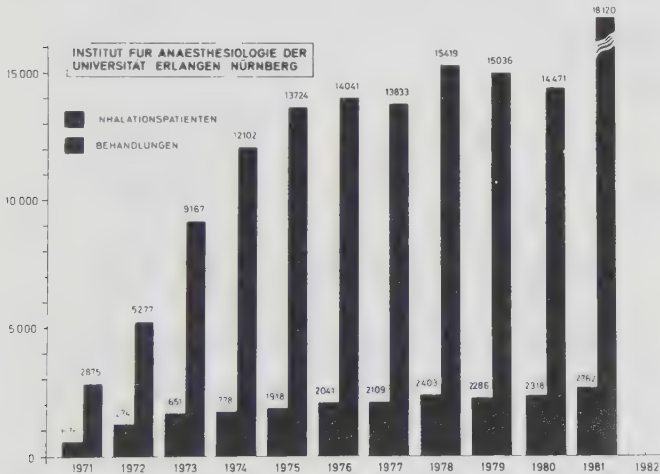


Abb. 2: Darstellung der präoperativen Inhalationsbehandlungen an unserem Institut seit 1971

II. DIE ZU VERGLEICHENDEN INHALATIONSVERFAHREN

1. Die Inhalationstherapie mittels IPPB

(Intermittent Positive Pressure Breathing)

Grundprinzip der IPPB-Inhalationstherapie ist die Applikation eines Aerosols mit positivem inspiratorischem Druck in die Atemwege des Patienten.

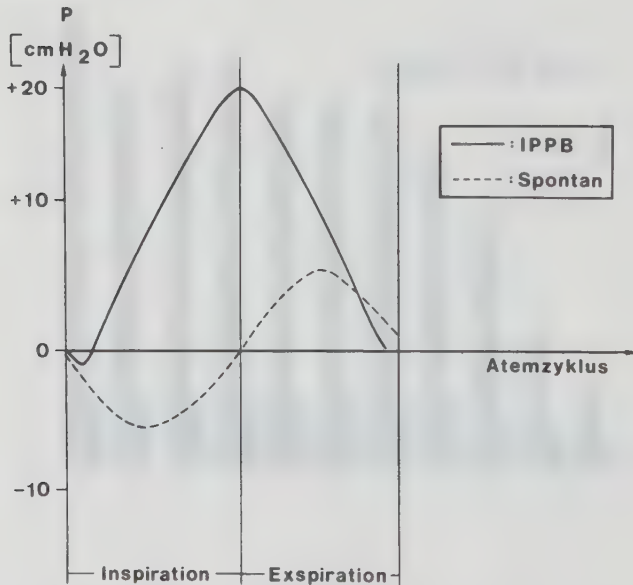


Abb. 3: Intrapulmonales Druckverhalten bei

—— IPPB-Behandlung
 ----- Spontanatmung

Sinn dieses Verfahrens soll sein, durch den erhöhten inspiratorischen Druck mit Flüssigkeit und/oder Medikamentenzusätzen angereicherte Luft in die Atemwege des Patienten einzupressen.

Dies führt zur Erweiterung von, durch Sekretstau teilweise oder vollständig atelektatisch gewordener Bezirke. Es kommt durch Sekretolyse, Ciliarttransport und Abhusten zu einer Reinigung dieser vorher abgeschlossenen Gebiete und damit zu einer Verbesserung von Ventilation und Perfusion.

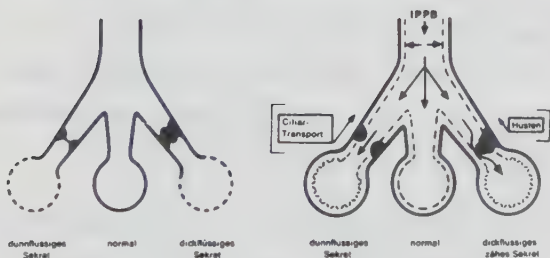


Abb. 4: Schematische Darstellung der Theorie des Einflusses der intermittierenden Überdruckbeatmung auf den Sekrettransport im Tracheobronchialsystem (Lawin)

Dieses Beatmungsmuster findet seit langem als IPPV (Intermittent Positive Pressure Ventilation) beim relaxierten, beatmungspflichtigen Patienten während Narkose oder Dauerrespiratortherapie Anwendung.

Zu Beginn des jeweiligen Atemzyklus hat der Patient die Möglichkeit, durch Ausüben eines Sogs (= Triggierung) das Beatmungsgerät in die Inspirationsphase zu steuern. Dieser Triggerdruck wurde bei allen Untersuchungen mit 1,5 mbar fest eingestellt.

Bei Erreichen dieser Druckschwelle appliziert das Gerät, bei unseren Untersuchungen der Inhalog 1 der Firma Draeger (s. Abb. 5), das Aerosol mit einem dem Patienten individuell angepassten Inspirationsflow (ca. 40 - 45 l/min) sowie Inspirationsdruck (ca. 20 - 40 cm H₂O).

Der Patient wurde aufgefordert, in der Inspirationsphase seine Lungen soweit als möglich auffüllen zu lassen.

Wichtig war, und hier orientierten wir uns an den 1980 herausgegebenen Richtlinien für IPPB-Behandlung des Respiratory Care Committee of the American Thoracic Society (39), daß kein fester inspiratorischer Spitzendruck eingestellt wurde, sondern dieser

so lange erhöht wurde, bis die maximale inspiratorische Kapazität des Patienten erreicht wurde ("coached IPPB with ventilator adjustment").

Wurden die einzelnen Atemzugvolumina mit einem im Ausatemschenkel des Inhalationsgerätes angebrachten Volumeter registriert, so zeigte sich, daß bei diesem Inhalationsverfahren Werte erreicht wurden, die bis zu 25 % über der Inspirationskapazität bei Spontanatmung lagen. Bei Erreichen des Spitzendruckwertes schaltet das Gerät die Applikation ab, der Patient kann langsam und ruhig expirieren.

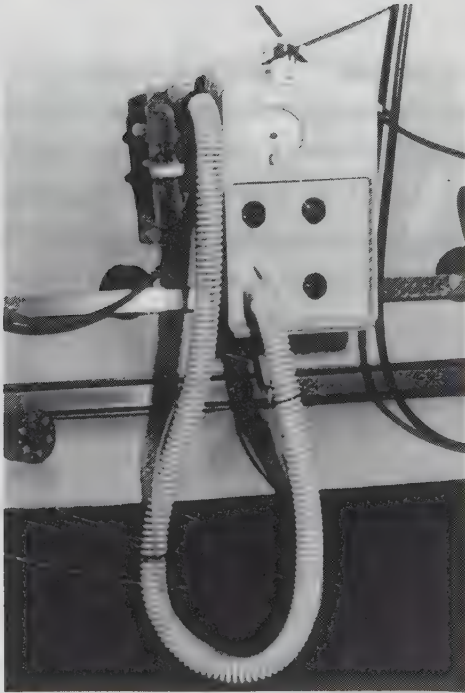


Abb. 5: Druckgesteuertes Inhalationsgerät
Inhalog 1 der Fa. Draeger zur IPPB-
Therapie

Einige technische Daten zum Inhalationsgerät

Inhalog 1 laut Angaben des Herstellers:

Antrieb/Betrieb:	2 - 6 bar Druckluft/O ₂ aus einer zentralen Versorgungslage
Steuerbetrieb:	druckgesteuert
Beginn der Inspiration:	vom Patienten getriggert oder manuell
Triggerdruck:	- 1,5 mbar bis - 5 mbar
Inspirationsdruck:	stufenlos 10 - 45 mbar
Inspirationsflow:	stufenlos 15 - 40 l/min
Flowverhalten:	decelerierend
Verneblerflow:	ca. 4 l/min.
Verneblerleistung:	ca. 3 ml/min. Beatmung
Ansaugluft des Injektors:	über ein von außen zu wechselnder Filter.

An das Gerät angeschlossen wurden Einmalinhalationssets der Firma Kendall, die routinemäßig aus Hygienegründen auf unserer chirurgischen Intensivstation verwendet werden.

Die Vernebelung des Inhalates erfolgt beim Inhalog 1 wie auch bei der Meyer'schen Düse im Hauptstromprinzip (s. Abb. 6).

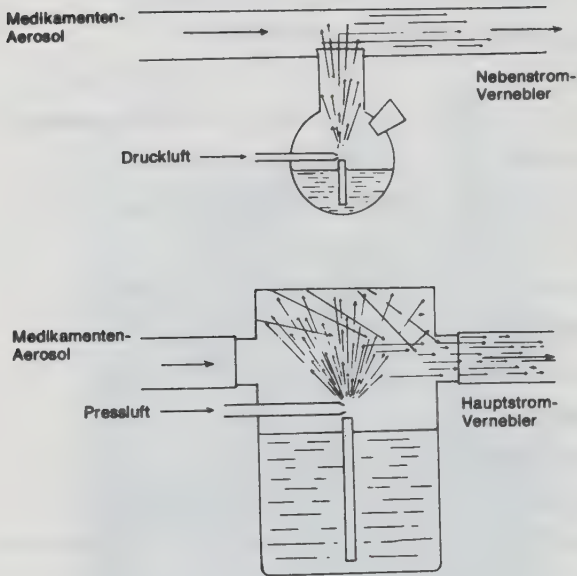


Abb. 6: Schematische Darstellung des Haupt- und Nebenstromprinzipes zur Applikation von Aerosolen.

Das I : E - Verhältnis betrug 1 : 1, die Atemfrequenz AF übertraf nie 10 - 12 Atemzüge/Minute. Um eine möglichst gute Inspirationsphase zu erhalten, wurde während der Inhalation eine Nasenklemme aufgesetzt; die Inhalation erfolgte unter Anweisung

und Überwachung; die Inhalationslösung setzte sich zusammen aus 0,5 ml Emser Sole + 5 ml Aqua dest. ohne Medikamentenzusätze; Die Inhalationszeit betrug 10 min; der Patient wurde mit um 45° hochgestelltem Kopfteil gelagert, um ihm die Atemexkursionen zu erleichtern. Schmerzmittel wurden bis zu mindestens 2 Std. vor Untersuchungsbeginn nicht verabreicht.

2. Die Inhalationstherapie mittels willkürlicher maximaler Inspirationsbemühungen des Patienten (SMI)

Im Gegensatz zur Beatmungsinhalation (IPPB) wurde als Vergleichsverfahren die Atemtherapie mittels willkürlicher maximaler Inspirationsmanöver (SMI) mit Hilfe der Heyer'schen Düsenvernebelung (s. Abb. 7) gewählt.

Das SMI-Verfahren findet als atemtherapeutische Maßnahme seit langem mit "incentive spirometers" allgemeine Anerkennung.

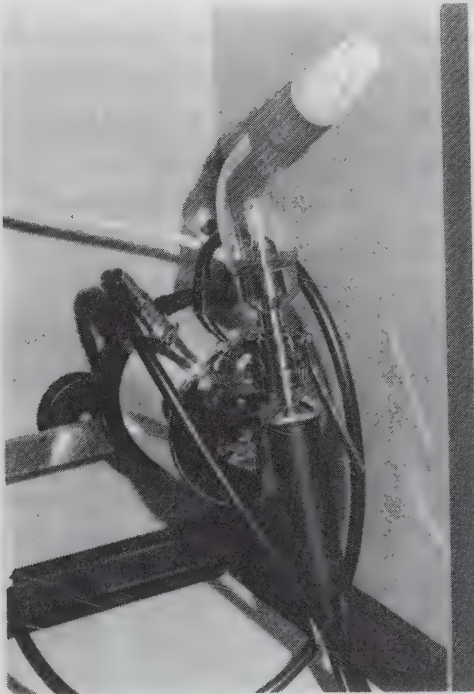


Abb. 7: Heyer'sche Düse mit Mundansatzstück

Dem Patienten wurde auch hier eine Nasenklemme aufgesetzt, um das Ergebnis nicht zu verfälschen. Er wurde angeleitet, bei einer Atemfrequenz von 10 - 12 Atemzügen/min. maximale Inspirationsmanöver mit dem Mundansatzstück der Heyer'schen Düse bis hin zur Totalkapazität vorzunehmen. Am Ende der Inspirationsphase wurde eine Pause von 1 - 2 sec. einge-

legt, sodann erfolgte eine langsame und vollständige Expiration.

Der Betrieb des Düsenverneblers erfolgte gleichfalls über eine zentrale Versorgungsanlage mit 3,5 mbar Druckluft. Das Atemgas war ebenfalls nicht erwärmt, die Flow-Werte betrugen 7 - 8 l/min.

III. METHODIK

1. Untersuchungsablauf

An 20 Patienten der chirurgischen Universitätsklinik Erlangen, die sich einem großen abdominalen, abdominothorakalen oder thorakalen operativen Eingriff unterzogen, wurden folgende Untersuchungen vorgenommen:

- A) Eine präoperative spirometrische Lungenfunktionsprüfung, beinhaltend: Vitalkapazität (FVC), forciertes expiratorisches Volumen des Atemstoßtests der ersten Sekunde ($FEV_{1.0}$) und $\frac{FEV_{1.0}}{FVC}(\%)$ als Tiffeneauwert, dieses einfache Untersuchungsverfahren wird in unserer Klinik routinemäßig zur groben Beurteilung der Operabilität und Narkosefähigkeit angewandt.
- B) In den ersten postoperativen Tagen (1. - 3. postop. Tag) erfolgte dann die Prüfung der Effizienz der Inhalationsbehandlung mittels einfacher Düsenvernebelung im Vergleich zur Inhalationstherapie mittels IPPB. Die vergleichende Untersuchung an einem Patienten fand im Laufe eines Tages - wie folgt beschrieben - statt:

Vormittags: 1. Lungenfunktionsprüfung

2. 5 Min. Erholungspause
3. Inhalationstherapie nach Randomisierungplan; Dauer 10 Minuten
4. 5 Min. Erholungspause
5. erneute Lungenfunktionsprüfung

Nachmittags: 1. Lungenfunktionsprüfung

2. 5 Min. Erholungspause
3. Inhalationstherapie nach Randomisierungplan, Dauer 10 Minuten
4. 5 Min. Erholungspause
5. erneute Lungenfunktionsprüfung

Die Reihenfolge der zu prüfenden Inhalationsverfahren wurde nach Zufallstabellen Geigy randomisiert.

Randomisierungsplan

Patient	I	II
1	I	H
2	I	H
3	H	I
4	H	I
5	H	I
6	H	I
7	I	H
8	I	H
9	I	H
10	I	H
11	I	H
12	H	I
13	H	I
14	I	H
15	I	H
16	I	H
17	H	I
18	H	I
19	H	I
20	H	I

I = IPPB-Inhalation mit dem Gerät Inhalog 1 (Fa. Draeger)

H = Inhalation durch aktive Inspirationsbemühungen
mittels einfacher Düsenvernebelung mit der
Hoyer'schen Düse (Fa. Hoyer)

Allen Einzeluntersuchungen waren folgende Bedingungen gemeinsam:

1. Es wurde streng darauf geachtet, daß 2 Stunden vor Untersuchungsbeginn und während der Untersuchung keine Analgetika verabfolgt wurden, um falsch positive oder bessere Ergebnisse zu vermeiden.
2. Die Lungenfunktionsprüfungen wie auch die Inhalationen erfolgten am liegenden Patienten, dessen Oberkörper um 45° in die Vertikale angehoben wurde.
3. Nachdem die Untersuchungen im Laufe eines Tages stattfanden, nahmen die Patienten an diesem Tage an dem routinemäßigen Inhalationstherapie-schemata unserer Intensivstation (2-stündliches Inhalieren mit IPPB/10 Min. und Medikamentenzusätzen) nicht teil, desgleichen wurde darauf geachtet, daß nicht kurz vor einem Untersuchungsgang krankengymnastisch vorbehandelt wurde.
4. Inhaliert wurde stets mit einer medikamentenfreien Lösung aus:
0,5 ml Emser Sole plus
5 ml Aqua dest.
5. Dem Patienten wurde während der Inhalation eine Nasenklemme aufgesetzt, um mit dem Inhalationssystem komplett verbunden zu sein.

6. Um einer willkürlichen Hyperventilation vorzubeugen, die negative Auswirkungen auf das Ergebnis haben kann, wurden die Patienten dazu angehalten, eine Atem- bzw. Inhalationsfrequenz von 10 - 12 Atemzügen pro Minute einzuhalten. Dies wurde vom Untersucher überwacht.
7. Die Vernebelung des Inhalates erfolgte mit Druckluft aus einer zentralen Versorgungsanlage (21 Vol% O₂). Das Inhalat wurde nicht angewärmt.

2. Die Lungenfunktionsparameter

Folgende Parameter der pulmonalen Funktionsdiagnostik wurden zur Untersuchung herangezogen:

- a.) Das Atemzugvolumen : AZV (ml)
- b.) Die Atemfrequenz pro Minute : RR (min⁻¹)
- c.) Die forcierte expiratorische Vitalkapazität :
FVC (ml)
- d.) Das inspiratorische Reservevolumen : IRV (ml)
- e.) Das expiratorische Reservevolumen : ERV (ml)
- f.) Das forcierte expiratorische Volumen der ersten
Sekunde des Atemstoßtestes : FEV_{1.0} (ml/sec)
- g.) Die maximale Ausatemstromstärke (peak expiratory flowrate) beim Atemstoßtest: PEFR ($\frac{l}{sec}$; $\frac{ml}{sec}$)
- h.) FEV_{1.0}/FVC (%) = Tiffeneau-Wert

i.) Der Atemwiderstand R_{os} ($\frac{\text{mbar}}{\text{l/s}}$)

j.) Die funktionelle Residualkapazität FRC (ml)

Zur Messung der statischen (a. - e.) und dynamischen (f. - h.) Lungenfunktionsparameter kam das Gerät "Pneumotest Junior OM/01/F" der Firma Jaeger zur Verwendung; der Atemwegswiderstand R_{os} (i.) und die funktionelle Residualkapazität (FRC) (j.) wurden mit dem Siregnost FD 5 der Firma Siemens ermittelt.

3. Registrierung und Auswertung der statischen und dynamischen Lungenfunktionsparameter:

Bei dem Gerät Pneumotest Junior OM/01/F handelt es sich um einen handlichen und gut transportablen Lungenfunktionsmeßplatz mit folgenden Bedienelementen (nach Angaben des Herstellers):

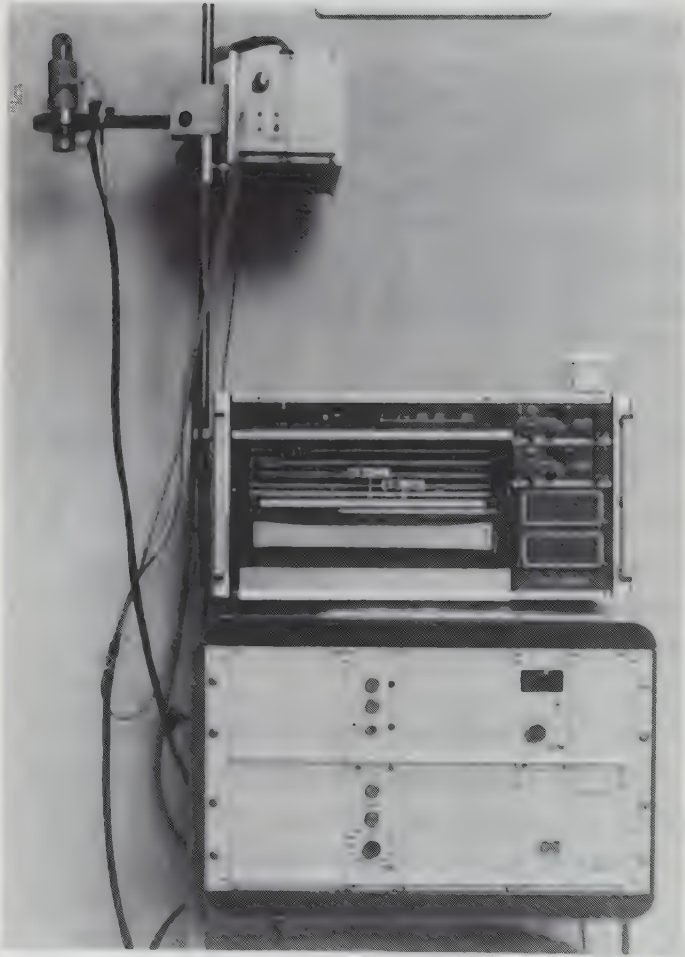


Abb. 8: Lungenfunktionsmeßplatz Pneumotest
Junior OM/01/F (Fa. Jaeger)

Der Pneumotachographenverstärker (PT) (Flowverstärker) dient zur analogen Aufzeichnung der Atemströmung (Flow) im Bereich von 0 - 20 l/sec. Der Druckverstärker ist ohne Linearitätsverlust mit dem Faktor 10 übersteuerbar. Die Flowverstärkung beträgt 1,0 V für 2,0 l/s.

Kurzspezifikation für die Druckwandlerdose PT:

Meßprinzip:	Metallmembran, Wegmessung, Differentialdruck
Bereich:	± 1 kPa
Linearität:	im Meßbereich ± 1 %
Frequenzbereich:	0 - 50 Hz je nach Distanz zwischen Meßobjekt und Druckwandlerdose
Empfindlichkeit:	2,0 V pro kPa.

Das Pneumotachographenrohr (Flowtransducer) ist an der Druckwandlerdose angeschlossen. Das Meßprinzip beruht auf Siebwiderstand, d. h. die Expirations- und Inspirationsluft des Patienten muß durch ein engmaschiges Metallnetz, das als Widerstand fungiert strömen. Durch Zwischenschalten dieses Widerstandes entsteht am Sieb eine Druckdifferenz ΔP , die der Strömungsgeschwindigkeit weitgehend proportional ist.

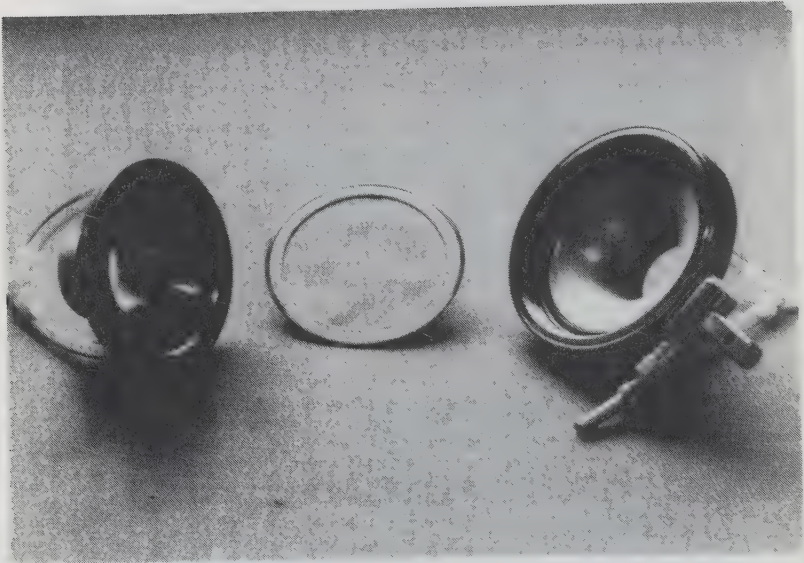


Abb. 9: Pneumotachographenrohr mit Siebeinsatz

Die Linearität der gemessenen Strömungsgeschwindigkeiten (= Flow-Werte) reicht bei den verwendeten Pneumotachographenrohren von 0,1 l/s bis 15 l/s.

Limitierender Faktor dieses Linearitätsverhaltens ist vor allem die einwandfreie Durchgängigkeit der Siebeinsätze. Bereits kleine Verschmutzungen, v. a. durch Feuchtigkeit der Espirationsluft des Patienten, führen zu Veränderungen des Druckabfalls, d. h. zu Fehlmessungen.

Um diese Fehlermöglichkeit zu beheben, wurden die Siebeinsätze bei jedem Meßvorgang ausgewechselt, nach dem Meßvorgang zunächst in eine Desinfektionslösung gelegt und dann 3 - 5 Minuten im Ultraschallbad gereinigt. Sie kamen am gleichen Tag nicht zur nochmaligen Verwendung!

Um während der Untersuchung eine Feuchtigkeitssammlung im Netz zu vermeiden, wurden die Pneumotachographenrohre beheizt.

Der Widerstand der Siebeinsätze war auf den Wert 0,036 kPa/(l/s) standardisiert.

Der Lungenfunktionsrechner (Flowintegrator) errechnet das ventilierte Volumen flowabhängig und ermittelt so die statischen Lungenfunktionsparameter = Atemzugvolumen (AZV), forcierte expiratorische Vitalkapazität (FVC), inspiratorisches Reservevolumen (IRV) und expiratorisches Reservevolumen (ERV). Mittels eines XT-Schreibers (I) (in der Originalregistrierung rot) wurden diese Werte nach Art eines Spirogrammes aufgezeichnet, analog erfolgte die Aufzeichnung des Flow-Zeit-Verhaltens mit einem zweiten XT-Schreiber (II) (in der Originalregistrierung grün) auf Millimeterpapier mit einer Schreibergeschwindigkeit von 6 cm/min.

Das Digitalvoltmeter DVM erlaubt mit Hilfe des Wahlschalters 1 die Überwachung der einzelnen Signale. Hauptsächlich dient es zur genauen Nullpunkteinstellung der PT, PV, PB-Verstärker. Das Eichen der Verstärker und des Volumenintegrators kann durch Ablesen der Digitalanzeige erfolgen.



Abb. 10: Digitalvoltmeter

Die Volumeneichung erfolgte mit einer 1 000 ml Eichspritze, die an das Pneumotachographenrohr angeschlossen wurde. Die Eichung wurde vor jedem neuen Meßvor-

gang vorgenommen und mit dem Schreiber mitregistriert (5 V-Bereich).

Der Eichvorgang: Ca. 5 Pumpenhübe von Anschlag zu Anschlag wurden gezogen, um die heiße Luft zu entfernen, danach erfolgten mehrere Pumpenhübe von Anschlag zu Anschlag mit ATP-Luft (ambient-temperature-pressure-Bedingungen). Bei der Messung wurde die BTPS-Korrektur über TBE 7 eingeschaltet. Die Messung der Patientendaten erfolgte dann bereits unter BTPS-Volumen (body-temperature-pressure-Bedingungen).

Durchführung der Messung der statischen und dynamischen Lungenfunktionsparameter:

Nach dem Eichvorgang wurden dem Patienten zunächst alle erforderlichen Atemmanöver erklärt, die er vorzunehmen hatte.

Sodann wurde ihm eine Nasenklemme so aufgesetzt, daß die Nasengänge völlig verschlossen waren.

Der Patient wurde an das mit einem Mundstück versehene Pneumotachographenrohr so angeschlossen, daß die Lippen das Mundstück abdichteten.

Nun wurde der Schreiber mit einer Geschwindigkeit von 6 cm/min. eingeschaltet, der Patient atmete einige Zeit (ca. 1 Min. evtl. länger) ganz normal in Ruhe

ein und aus, um sein normales Atemzugvolumen (AZV), seine Atemfrequenz (RR) und vor allem seine normale Atemmittellage zu erhalten. Dabei wurde mit dem Potentiometer Stellung "Korrektur" eingestellt, damit keine Abdriftung nach EX entstand!

Sodann wurde das ERV-Manöver angeordnet: = aus Atemmittellage vollständige Ausatmung: "tief und vollständig ausatmen und alles auspressen..."

Dann tief und vollständig einatmen..., soweit es geht, bis zur vollständigen Füllung der Lungen (IRV).

Dann fest und stark alles ausatmen und alles auspressen (FVC)...

Das FVC-Manöver wurde 1 - 3 mal oder mehr wiederholt, bis zwei annähernd gleiche Ergebnisse vorlagen. (Übereinstimmung der FVC-Werte einer Untersuchung 5 - 10 %).

Daran anschließend wurde der Atemstoßtest vorgenommen, wie folgt:

- Aus der Ruheatmung maximal tief einatmen lassen und Atem kurz anhalten lassen.
- Schalter 6 in FEV bringen und Schreibergeschwindigkeit 120 cm/min = 2 cm/sec bringen.
- Patient auffordern, maximal schnell und vollständig auszuatmen.

- Danach Normalatmung und Wiederholung des Atemstoßtestes, bis 2 übereinstimmende Registrierkurven vorliegen (5 - 10 %).

Mit dem zweiten (in der Originalregistrierung grünen) Schreiber wird während des Atemstoßtests gleichzeitig die "peak-expiratory-flow-rate" (PEFR) aufgezeichnet.

In Abb. 11 wird der Kurvenverlauf einer Originalregistrierung als Beispiel aufgezeigt.

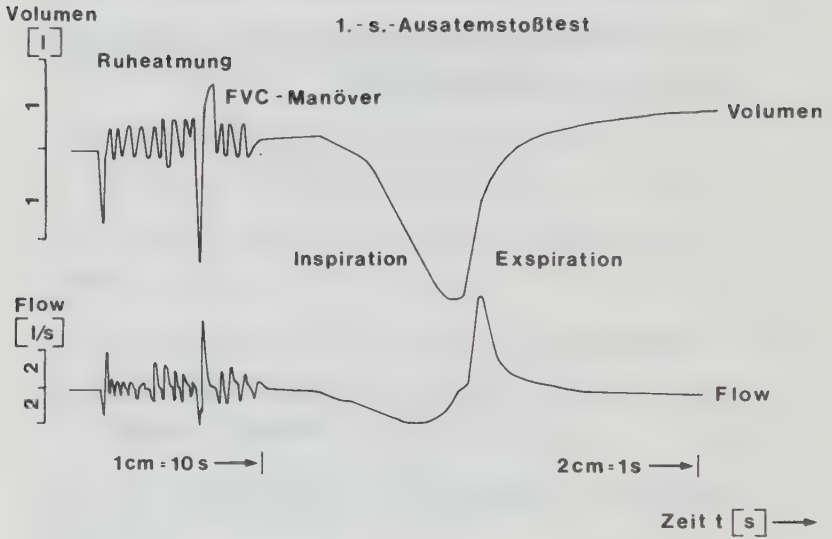


Abb. 11: Beispiel einer Originalregistrierung des Volumen- und Flow-Verhaltens bei Ruheatmung, FVC-Manöver und Atemstoßtest

Auswertung des Kurvenverlaufes:

Bei korrekter Eichung, Gerätejustierung und Registrierung kann die Auswertung des Kurvenverlaufes später erfolgen und macht uns beim Untersuchungsverlauf unabhängig vonsonst zwischenzeitlich immer wieder notwendigem Aufschreiben oder Notieren der Digitalanzeigen; d. h. der Untersucher kann sich völlig auf die Atemmanöver des Patienten konzentrieren, die systematischen Fehler werden auf ein Minimum reduziert.

1. Auswertung der registrierten Spirogramm-Kurvenzüge

Meßmodus: ohne EDV, mit BTPS-Korrektur

am TPE: Stellung Korrektur Taste 7

Eichen: Taste 7 - nicht gedrückt

Messen: Taste 7 gedrückt (Stellung Korr.) = ATP

- Ausmessen der in der Kurvenregistrierung gemessenen Ausschläge (A) für die einzelnen definierten Volumina in Millimeter (mm).

- Eichfaktor nach Angabe des Herstellers:

$$K_1 = 0,96;$$

- Gebrauchsformeln:

$$\text{Volumen } V = A \text{ (mm)} \cdot 0,05 \cdot K_1;$$

- Berechnung des FEV_{1.0}:

Bei einer Schreibergeschwindigkeit von 120 cm/min.

entsprechen, wie leicht zu errechnen ist, 1 sec.=2 cm;

Vom maximalen inspiratorischen Plateau $P_i(\max)$ (s. Abb. 12) wurden 2 cm im Verlauf abgegriffen und die Amplitude $A_{FEV_{1,0}}$ (mm) ausgemessen:

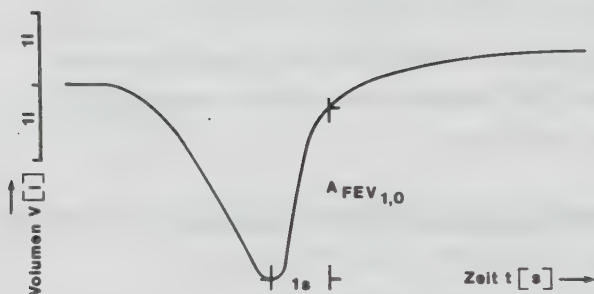


Abb. 12: Kurvenverlauf beim Atemstoßtest mit der Amplitude $A_{FEV_{1,0}}$ (mm) bei einer Schreibergeschwindigkeit von 120 cm/min.

Die Berechnung des absoluten 1-Sekunden-Wertes
(ml/sec) erfolgt nach der oben angegebenen Gebrauchsformel.

- Berechnung von $FEV_{1.0}/FVC$ (%):

$$FEV_{1.0}/FVC (\%) = \left(100 \cdot \frac{A_{FEV_{1.0}}}{A_{FVC}} \right) \%$$

2. Auswertung der registrierten Flow/Zeit-kurven:

Die maximale Ausatemstromstärke (PEFR = peak-expiratory-flow-rate) während des Tiffeneau-Tests wurde wie folgt ermittelt:

Das Gerät wurde für unsere Untersuchungen so geeicht, daß die Amplitude A (mm) des XT-Schreibers II (in der Originalregistrierung: grün) bei Aufzeichnung und Messung im 1 Volt-Bereich folgende Formel erlaubte:

$$A \text{ (mm)} = PEFR \text{ (l/s)} : 10;$$

im 2 Volt-Bereich:

$$A \text{ (mm)} = PEFR \text{ (l/s)} : 5;$$

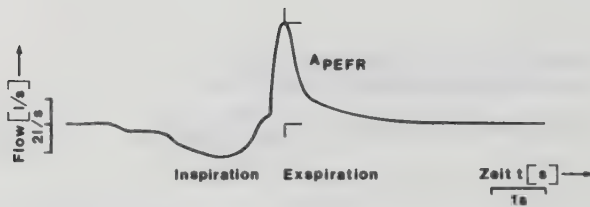


Abb. 13: Kurvenverlauf und Darstellung der Amplitude der PEFR (A_{PEFR}) in einer Originalregistrierung.

Die Amplitude der registrierten kurve der Ausatemstromstärke PEFR wurde abgegriffen und mit dem o. a. Faktor umgerechnet.

4. Die Messung des Atemwiderstandes R_{os}

Zur Messung des oszillatorischen Atemwiderstandes, R_{os} , bedienen wir uns des Gerätes Siregnost FD 5 der Firma Siemens:

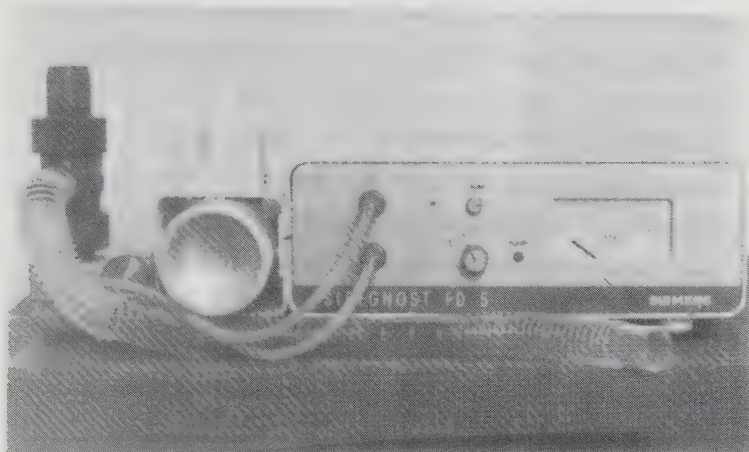


Abb. 14: Siregnost FD 5 der Fa. Siemens mit
Heliummeßzusatz

Das oszillatorische Meßprinzip (22, 35, 36)

Grundsätzlich läßt sich ein Strömungswiderstand ermitteln aus dem Verhältnis einer Druckdifferenz (mbar) zur Strömung (l/s), d. h.:

$$\text{Strömungswiderstand} = \frac{\text{Druckdifferenz}}{\text{Strömung}} \left[\frac{\text{mbar}}{\text{l/s}} \right]$$

Das Grundprinzip der Oszillationsmethode besteht darin, daß der Atmung eine höherfrequente Wechselströmung überlagert wird, die in den Atemwegen als Gasströmung fließen kann, die sich aber auch durch das Körpergewebe hindurch in den Außenraum fortsetzen kann. Dadurch fällt die sonst bei bodyplethysmographischen Messungen der Atemwegsresistance notwendige und apparativ aufwendige Bestimmung des Alveolardruckes weg. Beachtet muß jedoch werden, daß es sich bei der oszillatorisch gemessenen Resistance um einen komplexen Widerstand (= Atemwegswiderstand und Widerstand des die Lunge umgebenden Körpergewebes) handelt, den man besser als "Atemwiderstand" (33) bezeichnen sollte.

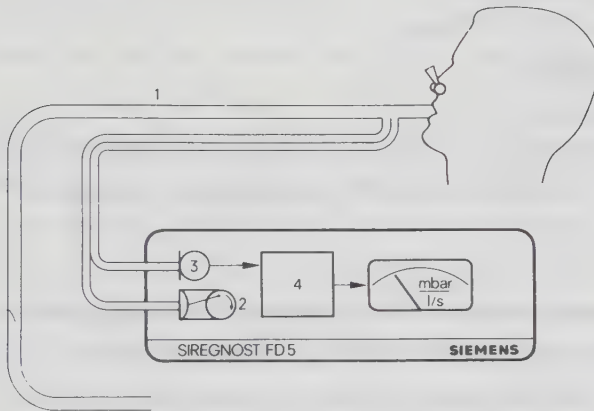
Der Oszillationsstrom hat eine Frequenz von 10 Hz, wird durch einen im Meßgerät befindlichen Oszillationsgenerator erzeugt und am Mundstück des Patienten zugeführt. Das Hubvolumen von 1,4 ml ist für den Patienten kaum spürbar. An das Mundstück mitangeschlossen ist ein Referenzwiderstand in Form eines Schlauches, durch den der Patient ungehindert atmen kann und der folgende Kenngrößen aufweist:

Normdurchmesser:	11 mm
Totraum (incl. Meßkopf):	ca. 85 ml

Strömungswiderstand bei $1,5 \frac{\text{mbar}}{\text{l/s}}$ bei $0,5 \frac{\text{l}}{\text{sec}}$;
stationärer Strömung:

Der oszillierende Volumenstrom teilt sich zwischen Atemtrakt und Referenzwiderstand entsprechend dem Widerstandsverhältnis auf.

Der im Mund entstehende Wechseldruck wird durch ein Mikrofon erfaßt und ausgewertet.



- 1 Referenzwiderstand
- 2 Membranpumpe für oszillierenden Volumenstrom
- 3 Mikrophon für die Erfassung des Wechseldruckes
- 4 Signalverarbeitung

Abb. 15: Schematische Darstellung der oszillatorischen Resistancebestimmung (33)

Erforderlich für die Durchführung der Messung sind folgende Teile:

1 Zwillings Schlauch mit Anschluß an das Mundstück zur Zuführung des Oszillationsstromes und Ableitung des Wechseldruckes

1 Referenzwiderstand in Form des normierten Schlauches wie oben angegeben mit Anschluß an das Mundstück

1 Einmalmundstück für den Patienten, das dicht an die Schlauchereinheit angepaßt ist

1 Nasenklemme

Das Meßgerät

Ein Xt-Schreiber zur Registrierung des Atemwiderstandes. (Verwendet wurde der Xt-Schreiber des Pneumotests Junior).

Der Atemwiderstand ist ohne Umrechnung an einem Zeigerinstrument wahlweise als zeitlicher Mittelwert oder als Momentanwert ablesbar. Dabei läßt der Momentanwert die atemsynchronen Widerstandsänderungen erkennen.

Meßbereich: $0 - 10 \frac{\text{mbar}}{\text{l/s}}$ (unter Berücksichtigung physiologischer bzw. pathologischer Phasenwinkel auf reelle Widerstandswerten korrigiert)

Nach D. Nolte (33) werden folgende obere Grenzwerte für R_{os} angegeben:

$$R_{os} \text{ in } \frac{\text{mbar}}{\text{l/s}}: \quad \frac{\text{für Männer}}{4,0} \quad \frac{\text{für Frauen}}{4,5}$$

Durchführung von Eichung und Messung des Atemwiderstandes R_{os} :

Das Gerät Siregnost FD 5 sowie der XT-Schreiber werden in Betrieb gesetzt, die Zwillingsschläuche an die beiden Buchsen des Gerätes angeschlossen und mit dem Mundstück verbunden, der Referenzwiderstandsschlauch mit dem oberen Ende an das Mundstück aufgesetzt; das freie Ende hat ungehinderte Verbindung zur Außenluft. Bei Verschluss des Mundstückes baut sich ein Widerstandswert auf, der einen Zeigeranschlag am Gerät bis genau zur Markierung ▼ erzeugt. Eventuelle Nachjustierung kann durch den Kalibrierungsknopf "Caliber" erfolgen.

Nach der Eichung wird dem Patienten eine Nasenklemme aufgesetzt und das Mundstück eingeführt, wobei die Lippen dieses völlig abdichten müssen. Der Patient wird aufgefordert, bei normaler Ruheatmung die Wangen einzudrücken, um fehlerhaft niedrige Werte durch Aufblasen der Wangen zu vermeiden.

Registriert wird zunächst der aktuelle oder Momentanwert als atemsynchrone Widerstandsänderungen (siehe Abb. 16/I), danach durch Umschalten des Meßknopfes der zeitliche Mittelwert des Atemwiderstands (siehe Abb. 16/II).

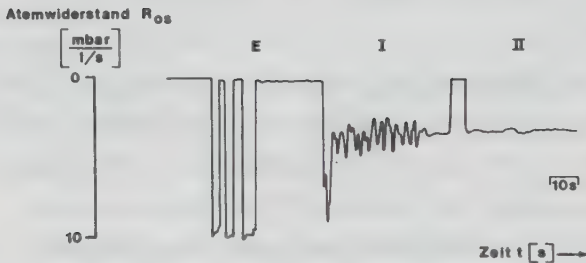


Abb. 16: Originalregistrierung des Kurvenverlaufes bei der Atemwiderstandsmessung (R_{OS})

E: Eichung $10 \frac{\text{mbar}}{\text{l/s}}$

I: atemsynchrone Registrierung von R_{OS}

II: zeitlicher Mittelwert von R_{OS}

Schreibergeschwindigkeit: 6 cm/min.

5. Die Bestimmung der funktionellen Residualkapazität FRC

Zur Bestimmung der funktionellen Residualkapazität FRC wurde die Fremdgas-Einwaschmethode mit Helium als Testgas angewandt, wobei sich der Helium-Meßzusatz (s. Abb. 14) zum Siregnost FD 5 der Firma Siemens anbot.

Die Gasmischverfahren beruhen bekanntlich auf dem Prinzip der Einwaschung einer bekannten Menge eines Fremd- oder Eigengases in die Lunge. Nach erfolgter Einwaschung läßt sich aus der Änderung der Gaskonzentration des Testgases das Lungenvolumen einfach berechnen (35, 36).

Im Gegensatz zu Wärmeleitfähigkeitsbestimmungen mittels Katapherometern zur Messung der Testgaskonzentration kommt bei dem Meßzusatz des Siregnost FD 5 das Prinzip der Dichtebestimmung zur Anwendung, beruhend auf der Kenntnis, daß Luft eine 7,2 mal höhere Dichte als Helium hat (35, 36).

Der Druckabfall an einer scharfkantigen Ringblende ist der Dichte (D) und dem Quadrat der Strömungsgeschwindigkeit (V) proportional.

$$p = D \cdot V^2 \cdot \text{const.}$$

Die Größe des konstanten Faktors in dieser Gleichung wird durch den Strömungswiderstand der Ringblende

bestimmt. Die Dichte errechnet sich aus dem Druckabfall, wenn V bekannt ist.

Zur Dichtemessung wurde wiederum die oszillatorische Strömung, wie beschrieben, benutzt.

Die durch die Oszillationsströmung an der Ringblende erzeugte Wecheldruckamplitude wird am Zeigerinstrument angezeigt und ist der Gasdichte proportional. Somit arbeitet die Meßanordnung als Heliumanalysator mit einem linearen Meßbereich von 0 - 100 Vol% He. Der Vorteil dieses hohen Meßbereichs liegt in der Möglichkeit, zur Einwaschung ein Testgas mit hohem Heliumgehalt und geringer Dichte zu verwenden, wodurch die Signalausbeute hoch wird, Atemarbeit und Atemwiderstand wesentlich reduziert werden und das Testgas schnell eingewaschen werden kann. Wegen der kurzen Meßzeit kann auf CO_2 -Nachfüllung verzichtet werden.

Das Testgas TG wurde Portionsdosen mit definiertem Volumen V der Firma Linde entnommen, wobei $V_{\text{TG}} = 6,18 \text{ l (BTPS)}$ bzw. $6,92 \text{ l (BTPS)}$ betrug (bei einer Heliumkonzentration von ca. 70 %).

Das Testgas wurde in Einweg-Atembeutel, die unterhalb der Ringblende an das Meßgerät angebracht wurden, eingefüllt, wobei der Beutel zunächst von Luft völlig entleert und mit Hebelstellung 1 von Außenluft abgedichtet wurde.

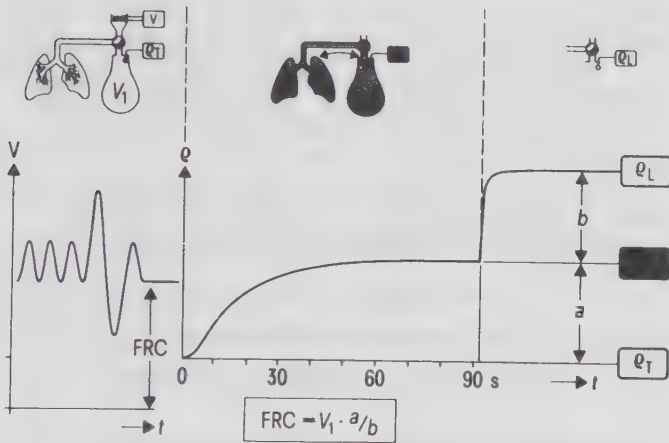


Abb. 17: Kurvenverlauf und schematische Darstellung des Meßprinzips bei der FRC-Bestimmung

An der Ringblende wird nun die Dichte (ρ_T) des Testgases gemessen und am Zeigeranschlag des Siregnost ablesbar. Um die Dichteänderung im Untersuchungs-

verlauf zu dokumentieren, wurde der XT-Schreiber des Pneumotest-Gerätes angeschlossen. Die Schreibergeschwindigkeit betrug wieder 6 cm/min (s. Abb. 16).

Der Patient wurde nach Aufsetzen der Nasenklemme mittels Mundstück und Verbindungsschlauch von definiertem Totraumvolumen (V_D) an das Meßgerät angeschlossen. Wichtig war, daß das Mundstück auch hier wieder völlig abdichtete. Der Patient atmete zunächst ruhig einige Atemzyklen bei Hebelstellung 1 Außenluft, um seine normale Atemmittellage zu erhalten.

Exakt am Ende einer normalen Expiration erfolgte dann rasch die Hebelumstellung auf Stellung 2 (s. Abb. 16), der Respirationstrakt des Patienten war nun mit der Ringblende und dem darunter befindlichen Atembeutel und Testgasinhalt verbunden.

Nun wurde aufgefordert so tief und rasch als möglich zu atmen, der Einwaschvorgang des Testgases in die Lungen des Patienten wurde so begonnen.

Die Gasdichte stieg auf den Mischwert ρ_{SM} an, der Einwaschvorgang war beendet, wenn ρ_{SM} keine Änderung mehr aufwies, d.h. wenn sich die mitregistrierte Dichtekurve asymptotisch einer Horizontalen annäherte (s. Abb. 16).

Danach wurde der Patient vom Rückatmungssystem entfernt und der Atembeutel abgenommen. Der Hebelgriff wurde nach oben gedreht, das Gerät registriert nun die Dichte der Außenluft (ρ_L).

Auswertung des Dichtediagramms:

Aus dem Diagramm wurden die beiden Strecken a) und b) in Millimeter ermittelt. Das Testgasvolumen wurde dem Aufdruck der Testgasflasche entnommen.

Nachdem nach einer normalen Expiration umgeschaltet und eingewaschen wurde, bestimmten wir direkt die funktionelle Residualkapazität FRC nach folgender Formel:

$$FRC_{OS} = V_1 \cdot \frac{a}{b} - V_D;$$

V_1 ist das bereits auf BTPS-Bedingungen umgerechnete Testvolumen bei einem Barometerdruck von 1.000 mbar.

Bei stark abweichenden Drücken wurde nach der angegebenen Faustregel korrigiert:

Für jeweils 10 mbar Abweichung vom Standarddruck (1.000 mbar) wurde das Ergebnis um 1 % korrigiert.

V_D ist das Totraumvolumen des Systems und betrug ca. 60 ml.

IV. ERGEBNISSE UND DISKUSSION1.) Meßdaten der Lungenfunktionsprüfungen

PARAMETER					
PATIENT	AZV (ml)	HR (min^{-1})	FVC (ml)	IRV (ml)	ERV (ml)
1	600	25	1280	480	200
2	500	30	840	115	190
3	800	16	1800	480	500
4	560	36	1200	480	300
5	600	27	1200	240	400
6	600	20	800	100	100
7	600	18	3200	1680	800
8	700	18	1110	280	200
9	600	24	1600	680	300
10	900	16	2400	1220	300
11	480	22	890	220	100
12	760	15	1920	720	520
13	600	18	1800	820	380
14	600	20	1600	600	380
15	400	24	920	450	70
16	640	15	1000	200	160
17	600	16	1000	200	200
18	600	20	1480	500	350
19	600	16	1640	600	440
20	500	24	1280	500	200

Tab. 2a: Lungenfunktionsparameter vor Beatmungsinhalation mit IPPB

PARAMETER	FEV _{1.0}	FEV _{1.0}	PEFR	R _{os}	FRC
PATIENT	(ml)	FVC (%)	($\frac{l}{s}$)	($\frac{mbar}{l/s}$)	(ml)
1	800	62	2,2	5,5	2050
2	730	85	2,0	2,6	1850
3	1290	72	4,2	4,5	2500
4	800	66	3,0	4,5	1550
5	920	77	5,0	3,8	2900
6	600	75	1,7	6,9	1420
7	2600	81	5,6	4,0	2510
8	920	83	1,5	3,9	1800
9	1320	82	4,0	2,6	3900
10	2300	88	6,4	5,2	2100
11	880	98	1,9	4,8	1615
12	1680	87	3,0	2,7	2120
13	1350	73	4,0	6,4	2550
14	1320	82	3,8	5,6	2330
15	520	56	1,3	5,0	1800
16	600	60	1,6	4,0	1890
17	840	84	3,0	2,3	1390
18	1100	75	4,5	5,0	1850
19	1400	85	5,8	5,4	2510
20	1000	78	3,5	7,2	3100

Tab. 2b: Lungenfunktionsparameter vor Beatmungsinhalation
mit IPPB

PARAMETER	AZV (ml)	RR (min ⁻¹)	FVC (ml)	IRV (ml)	ERV (ml)
PATIENT					
1	600	25	1350	440	300
2	500	30	1000	400	120
3	800	16	2000	400	720
4	620	30	1200	500	200
5	600	25	1200	240	400
6	600	20	900	180	220
7	680	18	3720	1720	1240
8	700	15	1380	480	200
9	600	22	2000	960	400
10	800	16	3000	1600	600
11	480	22	890	300	180
12	720	15	2280	100	560
13	600	16	2000	1000	400
14	600	18	1880	820	400
15	480	22	1200	600	120
16	640	16	1320	400	300
17	500	18	1200	200	400
18	600	20	2120	1000	500
19	600	14	2100	1050	500
20	500	24	1720	900	300

Tab. 3a: Lungenfunktionsparameter nach Beatmungsinhalation mit IPPB

PARAMETER	FEV _{1.0}	FEV _{1.0}	PEFR	R _{os}	FRC
PATIENT	(ml)	FVC (%)	($\frac{1}{s}$)	($\frac{\text{mbar}}{l/s}$)	(ml)
1	920	70	,2,6	4,5	1920
2	1000	100	3,4	7,2	2070
3	1600	80	5,4	3,8	2770
4	1000	83	3,5	4,0	2250
5	1120	93	6,4	4,1	5400
6	680	75	3,0	6,0	2020
7	3000	81	7,3	3,2	3740
8	1120	81	2,3	3,5	2200
9	1440	72	4,5	5,2	4260
10	2480	82	8,0	4,9	3130
11	890	100	1,9	4,6	1695
12	2000	87	3,5	2,5	2310
13	1480	74	4,8	4,1	1720
14	1480	80	4,2	5,0	2400
15	800	66	2,0	3,6	2070
16	840	63	2,0	4,0	1520
17	920	76	3,5	2,2	2030
18	1400	66	5,0	4,5	2500
19	1680	80	6,2	4,1	2230
20	1320	77	4,8	5,9	2470

Tab. 3b: Lungenfunktionsparameter nach Beatmungsinhalation mit IPPB

PARAMETER	AZV (ml)	RR (min ⁻¹)	FVC (ml)	IRV (ml)	ERV (ml)
PATIENT					
1	550	38	1040	240	180
2	500	30	900	200	200
3	790	18	1600	400	400
4	480	32	1200	600	160
5	520	22	920	100	200
6	600	22	800	100	100
7	600	15	2500	1600	250
8	560	18	1320	420	400
9	550	22	2000	1120	300
10	880	18	1920	900	200
11	600	18	1220	400	200
12	460	18	2070	1100	550
13	760	18	1680	720	200
14	600	18	1000	400	80
15	560	21	920	280	80
16	560	18	1000	240	200
17	600	18	1200	300	300
18	500	20	1600	810	300
19	600	14	1800	880	400
20	500	24	1200	400	300

Tab. 4a: Lungenfunktionsparameter vor Atemtherapie mit SMI-Manövern

PARAMETER	FEV _{1.0}	FEV _{1.0}	PEFR	R _{OS}	FRC
PATIENTEN	(ml)	FVC (%)	($\frac{l}{s}$)	($\frac{mbar}{l/s}$)	(ml)
1	770	74	2,8	5,4	1930
2	780	83	2,2	2,7	1800
3	1280	80	4,5	3,2	1900
4	820	68	3,0	4,9	1420
5	900	97	5,6	4,5	1730
6	600	75	1,8	7,8	1420
7	2680	110	5,7	3,6	2160
8	1000	75	1,8	2,3	2500
9	1600	80	4,0	5,2	2750
10	1620	84	6,0	6,3	2360
11	1120	92	1,9	4,8	1680
12	2080	100	3,0	2,8	2300
13	1400	83	4,0	6,0	1920
14	1000	100	2,5	6,4	1635
15	560	60	1,3	4,9	2135
16	800	80	2,1	4,0	1520
17	920	77	2,7	3,5	1930
18	1250	77	4,5	4,9	1500
19	1600	88	6,0	3,6	2120
20	1000	83	3,5	5,2	3500

Tab. 4b: Lungenfunktionsparameter vor Atemtherapie mit SMI-Manövern

PARAMETER	AZV (ml)	RR (min ⁻¹)	FVC (ml)	IRV (ml)	ERV (ml)
PATIENT					
1	600	28	1200	250	250
2	480	26	880	280	200
3	800	18	1560	440	240
4	600	30	1000	300	100
5	720	21	1300	450	280
6	600	22	880	200	100
7	600	18	2800	1850	320
8	760	18	1240	200	400
9	500	24	2000	1200	300
10	920	18	2280	920	400
11	660	18	1100	370	200
12	500	18	2190	1200	480
13	750	15	1900	1000	250
14	600	18	1000	400	80
15	500	22	800	250	50
16	560	18	1000	240	200
17	600	18	1200	300	300
18	600	20	1600	810	200
19	600	16	2120	1000	500
20	520	24	1500	700	300

Tab. 5a: Lungenfunktionsparameter nach Atemtherapie mit SMI-Manövern

PARAMETER	FEV _{1.0}	FEV _{1.0}	PEFR	R _{os}	FRC
PATIENTEN	(ml)	FVC (%)	($\frac{l}{s}$)	($\frac{mbar}{l/s}$)	(ml)
1	1000	83	2,7	5,2	1900
2	680	77	2,2	2,5	1830
3	1120	72	4,8	4,0	1840
4	800	80	3,0	5,1	1420
5	1000	75	6,4	4,5	1810
6	650	74	2,4	5,0	1820
7	2600	92	6,0	4,2	1920
8	1120	90	2,0	2,9	2310
9	1800	90	4,5	4,9	3900
10	2000	87	7,2	4,9	2200
11	1030	93	1,9	3,0	2200
12	1840	84	3,0	2,0	2430
13	1800	94	4,0	5,4	1570
14	1300	100	2,5	5,5	2440
15	500	62	1,7	4,5	1780
16	800	80	2,1	4,0	1520
17	920	77	2,7	3,5	1930
18	1200	75	4,5	5,0	1680
19	1600	75	6,0	3,5	2670
20	1280	85	3,8	7,2	2120

Tab. 5b: Lungenfunktionsparameter nach Atemtherapie mit SMI-Manövern

2. Statistik

Die einzelnen Meßdaten der Untersuchungen wurden in die Rechenanlage "alphatronic" eingegeben und wie folgt ausgewertet:

1.) Prüfung der Meßdaten auf Normalverteilung

2.) Vergleichstests der Verfahren nach:

- A-Test nach Student für Paardifferenzen
(abhängige Variable)
- Wilcoxon-Test
- Kolmogoroff-Smirnow-Test

Geprüft wurde in den Vergleichstests:

- das Verhalten der Lungenfunktionsparameter vor und nach Beatmungsinhalation mit dem IPPB-Verfahren
- das Verhalten der Lungenfunktionsparameter vor und nach SMI-Manövern mit Heyer'schen Düsenverneblung
- das Verhalten der Lungenfunktionsparameter (Differenz: vor gegen nach IPPB) zu den Lungenfunktionsparameter (Differenz: vor gegen nach SMI-Manöver)

Parameter	vor/nach IPP	vor/nach Heyer	IPPB/Heyer
AZV	∅	∅	∅
RR	*	∅	∅
FVC	**	∅	∅
IRV	*	∅	∅
ERV	**	∅	**
FEV _{1.0}	**	∅	**
FEV _{1.0} %	∅	∅	∅
PEFR	**	∅	*
R _{0s}	∅	∅	∅
FRC	*	∅	∅

Tab 6: Ergebnisse der Vergleichstests der einzelnen
Lungenfunktionsparameter

- ∅ = kein signifikanter Unterschied
 * = $p = 0,05 - 0,01$ (signifikant)
 ** = $p \leq 0,01$ (hoch signifikant)

Die Auszüge des Computers zu den einzelnen Vergleichsverfahren finden sich im Anhang.

3. Das Verhalten der statischen Lungenfunktionsparameter

Es fanden sich bei der Beatmungsinhalation eine signifikante Zunahme des inspiratorischen Reservevolumens (IRV) und der funktionellen Residualkapazität (FRC) sowie eine hochsignifikante Zunahme der forcierten Vitalkapazität (FVC) und des expiratorischen Reservevolumens (ERV).

Parameter	AZV (ml)	RR (mm ⁻¹)	FVC (ml)	IRV (ml)	ERV (ml)	FRC (ml)
$\bar{x} (\tilde{x})$ vor IPPB	584	21	1448	528	308	2186
$\bar{x} (\tilde{x})$ nach IPPB	603	20	1723	664	331	2258
$\Delta \bar{x} (\Delta \tilde{x})$ nach- vor IPPB	-10	-0,5	+275	+140	+104	+358
	n,s.	*	**	*	**	*

Tab 7: Mittelwerte ($\bar{x}$) bzw. mittlere Schiefe ($\tilde{x}$) der statischen Lungenfunktionsparameter bei der Beatmungsinhalation mit IPPB

Das Atemzugvolumen wie auch die Atemfrequenz ergaben keine wesentlichen Änderungen. Die Atemfrequenzen der Patienten lagen vor der Beatmungsinhalation mit einem unteren und oberen Vertrauensbereich (VG_u/VG_o) von 18 bis 23 (min^{-1}) bereits deutlich über den Ruhefrequenzwerten einer gesunden Normalperson und deuten somit schon eine bestehende leichte bis mittelschwere respiratorische Insuffizienz an. Es mag einleuchtend erscheinen, daß die hohen Atemfrequenzen schmerzbedingt sind und sich nur im Rahmen einer adäquaten Analgesie in Kombination mit einer effektiven Atemtherapie senken lassen.

Bei Betrachtung der postoperativ gewonnenen statischen Lungenfunktionsparameter (ΔZV , IRV, ERV, FRC, FVC) fällt eine deutliche Ventilationseinschränkung gegenüber den präoperativ ermittelten Lungenvolumina auf.

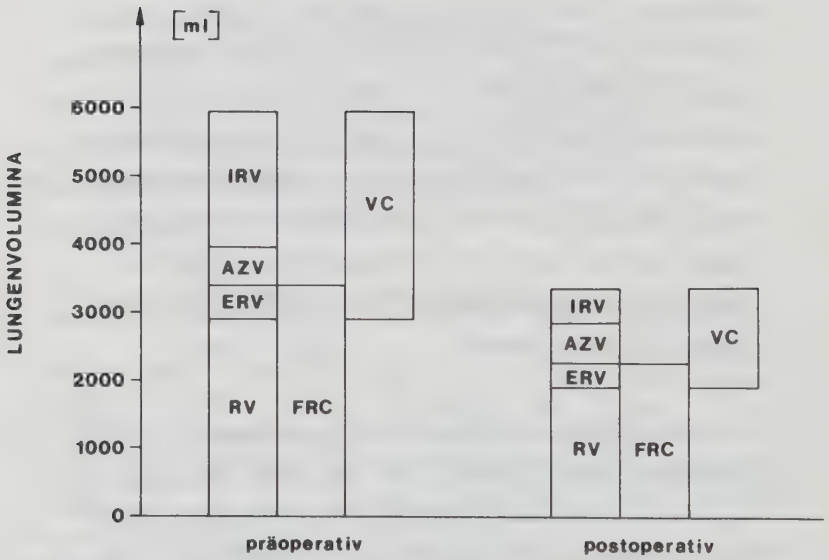


Abb. 18: Statische Lungenfunktionsparameter vor und nach
Oberbauch- bzw. abdomino-thorakalen Eingriffen

Bedeutung der FRC-Erniedrigung:

Braun und Mitarbeiter (6) stellten in einer Untersuchung an 21 Patienten, die sich einer Oberbauchlaparotomie unterziehen mußten, fest, daß die postoperative Hypoxämie zu einem Großteil der FRC-Erniedrigung zuzuschreiben ist:

Sinkt die funktionelle Residualkapazität unter den Bereich der Verschlusskapazität (CC = closing capacity), kommt es bereits bei Ruheatmung zu einem Kollaps eines mehr oder minder großen Anteils kleiner Bronchien ($\phi \approx 0,8 \text{ mm}$), die folglich ständig von der Ventilation ausgeschlossen bleiben, aber noch perfundiert werden. Die Folge ist ein echter intrapulmonaler Rechts-Links-Shunt.

Vergleichen wir die Ergebnisse unserer postoperativ vorgenommenen Lungenfunktionsprüfungen mit denen Brauns, so finden wir deutliche Übereinstimmung:

Große Oberbaucheingriffe führen zu einer solch ausgeprägten Einschränkung der Ventilation, daß eine akute Gefährdung des Patienten in der postoperativen Früh- und Spätphase vorliegt und therapeutisch angegangen werden muß.

Bedeutung der IRV-Verminde rung:

Die Verminderung des inspiratorischen Reservevolumens fördert und unterhält die Bildung von mikroatelektatischen Bezirken (6):

Nach dem La Place'schen Gesetz:

$$\text{Alveolardruck } P = \frac{2 \times \text{Oberflächenspannung (dyn/cm.)}}{\text{Alveolarradius } r}$$

läßt sich zum einen leicht folgern, daß in kleineren Alveolen ein wesentlich höherer Druck herrschen muß, damit sie eröffnet bleiben als in größeren, zum anderen läßt sich aus dieser Formel der notwendige Eröffnungsdruck einer normalgroßen Alveole bei einer Oberflächenspannung von 5 - 10 dyn/cm mit $P = 10^4 \text{ dyn/cm}^2$ errechnen (37). Dieser Alveolareröffnungsdruck vergrößert sich jedoch ebenfalls umgekehrt proportional dem Alveolarradius r um ein Erhebliches bei kleineren Alveolen.

Diese Eröffnungsdrucke lassen sich offensichtlich mit den stark reduzierten inspiratorischen Kapazitäten unserer Patienten in der postoperativen Phase unter Spontanatmung bei weitem nicht mehr erreichen.

Aufgabe einer in dieser Hinsicht suffizienten Atemtherapie sollte folglich sein:

- Eine Erhöhung des inspiratorischen Reservevolumens zur Verbesserung der inspiratorischen Kapazität und somit Prophylaxe und Therapie der Mikroatelektasenbildung.
- Eine Erhöhung der funktionellen Residualkapazität, um die Atemmittellage wieder nach oben zu verschieben und den intrapulmonalen Rechts-Links-Shunt so gering wie möglich zu halten.

Bei der Atemtherapie mittels SMI-Verfahren unter Anwendung der Düsenvernebelung nach dem Heyer'schen Prinzip fanden sich hingegen bei allen statischen Lungenfunktionsparametern keine signifikanten Verbesserungen.

Parameter	AZV (ml)	RR (ml)	FVC (ml)	IRV (ml)	ERV (ml)	FRC (ml)
$\bar{x}$ ($\tilde{x}$) vor SMI	571	18,2	1207	464	257	2010
$\bar{x}$ ($\tilde{x}$) nach SMI	635	19	1477	500	257	1911
$\Delta \bar{x}$ (Δx) nach-vor SMI	+35	0	+35	+57	+23	+54
	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Tab 8: Mittelwerte ($\bar{x}$) bzw. mittlere Schiefe ($\tilde{x}$) der statischen Lungenfunktionsparameter bei der Atemtherapie mit maximalen willkürlichen Inspirationsmanövern (SMI) mit der Heyer'schen Düsenvernebelung.

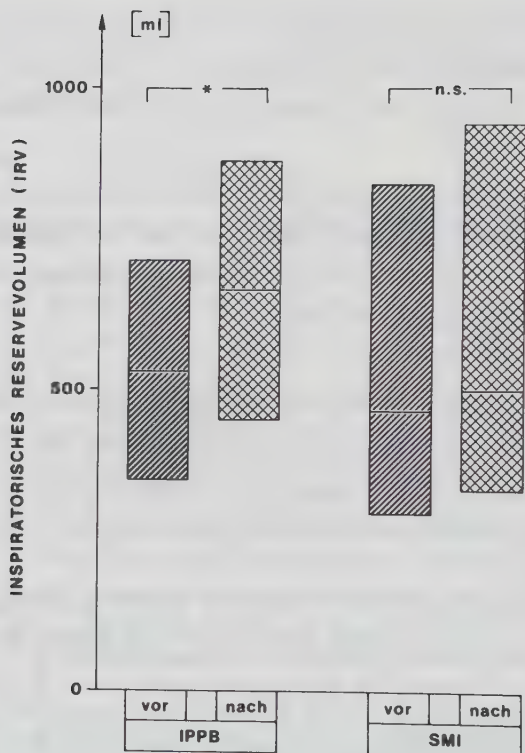


Abb. 19: Oberer und unterer Vertrauensbereich (VG_O/VG_U) und Mittelwert ($\bar{x}$ bzw. $\tilde{x}$) des inspiratorischen Reservevolumens (IRV) vor und nach Atemtherapie mittels IPPB- bzw. SMI Verfahren.

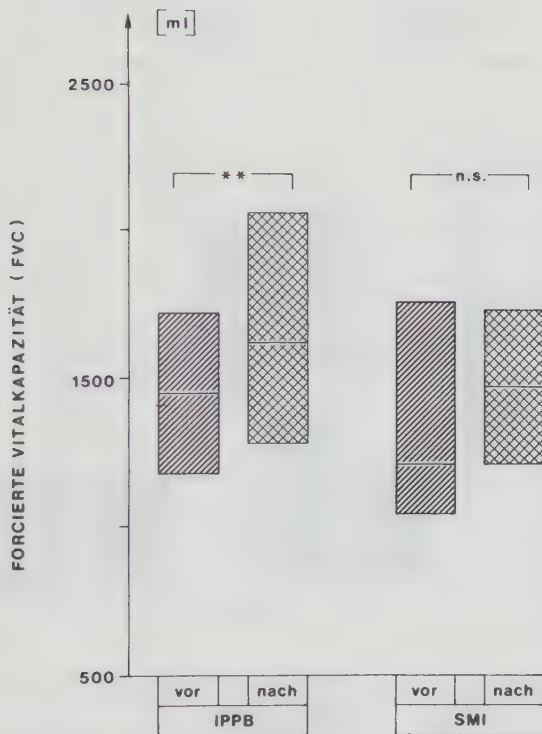


Abb. 20: Oberer und unterer Vertrauensbereich (VG_o/VG_u) und Mittelwert ($\bar{x}$ bzw. $\tilde{x}$) der forcierten Vitalkapazität (FVC) vor und nach Atemtherapie mittels IPPB- bzw. SMI-Verfahren.

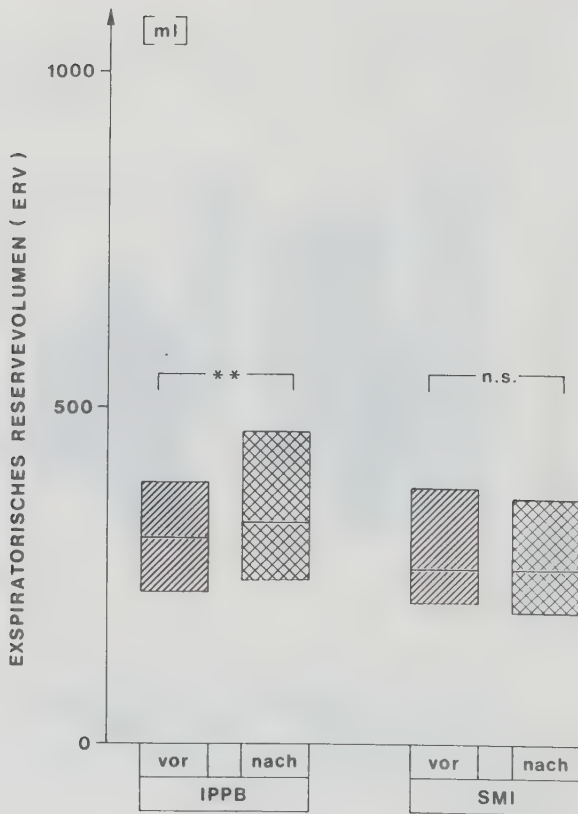


Abb. 21: Oberer und unterer Vertrauensbereich (VG_o/VG_u) und Mittelwert ($\bar{x}$ bzw. $\tilde{x}$) des expiratorischen Reservevolumens (ERV) vor und nach Atemtherapie mittels IPPB- bzw. SMI-Verfahren.

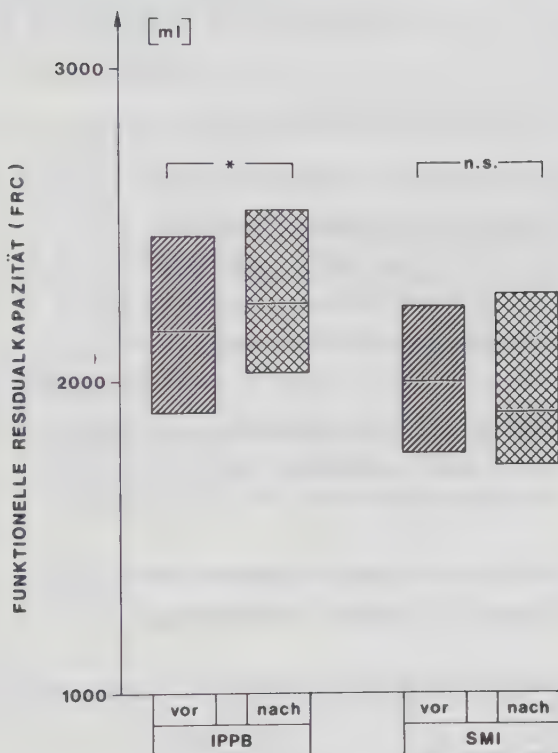


Abb. 22: Oberer und unterer Vertrauensbereich (VG_o/VG_u) und Mittelwert ($\bar{x}$ bzw. $\tilde{x}$) der funktionellen Residualkapazität (FRC) vor und nach Atemtherapie mittels IPPB- bzw. SMI-Verfahren.

Welch und Mitarbeiter (45) berichtete 1980 in einer Studie über die unterschiedlichen Anwendungsmöglichkeiten der IPPB-Behandlung. Als Parameter für das Ausmaß der Effizienz der einzelnen Methoden wählte er die inspiratorische Kapazität IC.

Verglichen wurden folgende Methoden:

- a) unassisted inspiratory capacity
- b) passive - inspiration IPPB (PIP = 15 cm H₂O)
 $\hat{=}$ passiver Beatmung
- c) coached IPPB (PIP = 15 cm H₂O)
 $\hat{=}$ aktiver Inspiration, fixer Spitzendruck
- d) coached IPPB with adjustments in ventilator
 $\hat{=}$ aktiver Inspiration, PIP wurde periodisch erhöht,
 bis keine Steigerung der IC mehr möglich

Die Methode a) entspricht unserem SMI-Verfahren,
 die Methode b) unserem IPPB-Verfahren.

Untersucht wurden 60 Patienten mit folgenden Erkrankungen:

- Asthma bronchiale (9 Pat.)
- Emphysem bzw. chronisch obstruktive Bronchitis (8 Pat.)
- Thorax- und Oberbaucheingriffe (13 Pat.)
- Unterbaucheingriffe (5 Pat.)
- Periphere Eingriffe (5 Pat.)
- Lungen-Neoplasma bzw. Lungenmetastasen (präoperativ)
 (6 Pat.)

- dekompensierte Linksherzinsuffizienz (4 Pat.)
- neuromuskuläre Erkrankungen (3 Pat.)
- sonstige (7 Pat.)

Als wichtigstes Teilergebnis seiner Studie kann herausgestellt werden, daß die IPPB-Beatmungsinhalation mit Methode d) hochsignifikante Steigerungen der inspiratorischen Kapazität gegenüber dem SMI-Verfahren erzielte aber auch eine signifikante Zunahme der IC gegenüber Methode c) = IPPB mit fixen Spitzendruckwerten $PIP = 15 \text{ cm H}_2\text{O}$ erbrachte.

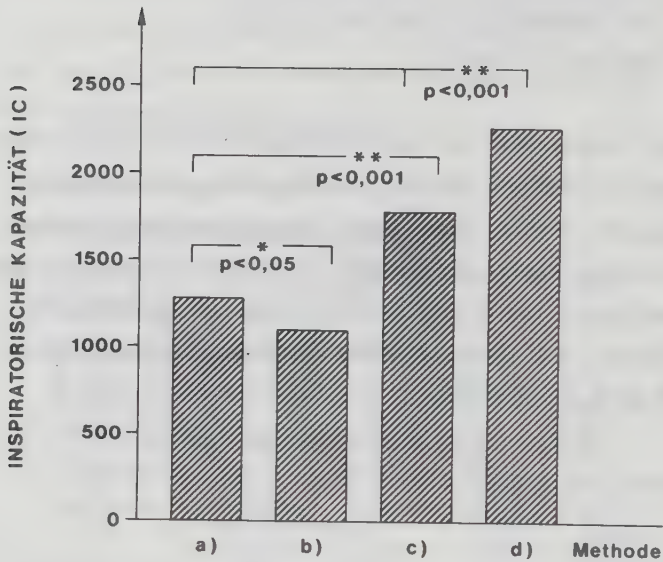


Abb. 23: Vergleich der Mittelwerte der erzielten inspiratorischen Kapazitäten IC von Welch et al. (1980) bei verschiedenen Atemtherapieverfahren:

- a) = unassisted inspiratory capacity
- b) = passive inspiration IPPB
- c) = coached IPPB
- d) = coached IPPB with adjustments in ventilator. (siehe Textbeschreibung) (45).

Seine Ergebnisse stimmen mit den in unseren Untersuchten gefundenen Ergebnissen weitgehend überein.

Anzulasten ist in seiner Methodik lediglich das ausgesprochen inhomogene Patientengut, bzw. eine fehlende Aufschlüsselung seiner Ergebnisse im Hinblick auf Anamnese bzw. Lokalisation und Ausmaß des operativen Eingriffs.

Es mag jedem einleuchtend erscheinen, daß eine relativ große Variationsbreite von Meßdaten nach atemtherapeutischen Maßnahmen - ganz gleich welcher Art - auftreten, wenn z.B. Patienten mit peripheren Operationen - die man je nach Lebensalter und Größe der Operation fast als Normalpersonen ansehen darf - und Patienten mit thorakalen oder thorako-abdominalen Eingriffen in eine solche Untersuchung einbezogen werden, ganz zu schweigen von Patienten mit chronischen Atemwegserkrankungen. Dennoch ist erstaunlich, ja geradezu erfreulich, die Tatsache, daß auch Patienten mit chronischen pulmonalen Erkrankungen bei Methode d) inspiratorische Spitzendruckwerte von 30 cmH₂O nicht unterschreiten und ihre inspiratorische Kapazität verbessern konnten.

Passive Beatmungsinhalation erbrachte in Welch's-Studie fast durchweg Verschlechterungen der IC-Werte sogar unter die bei SMI-Verfahren, woraus gefolgert werden darf, daß man dem Patienten nicht einfach ein IPPB-

Inhalationsgerät in die Hand drücken darf und ihn seinem Schicksal überlassen kann, sondern daß die IPPB-Inhalationstherapie unter Anleitung und Aufsicht von geschultem Personal erfolgen muß!

Die Folgerungen Welch's, daß die Applikation deutliche Auswirkungen auf den Grad der Verbesserung der Lungenfunktionsparameter hat, kann von unserer Seite her nur unterstützt werden.

Allgemeine Schlußfolgerungen in Bezug auf die Effizienz der IPPB-Therapie hinsichtlich der Morbidität und auch Mortalität können also nur unter Berücksichtigung oben genannter Punkte gezogen werden.

Daß SMI-Manöver postoperativ bei großen abdominalen oder abdomino-thorakalen Eingriffen als atemtherapeutische Maßnahme zur Verbesserung sowohl des inspiratorischen Reservevolumens wie auch der funktionellen Residualkapazität nicht als das Mittel der Wahl anzusehen sind, zeigen die Ergebnisse unserer Untersuchungen recht eindeutig und scheinen vom pathophysiologischen Aspekt auch gut erklärbar:

Wie bereits weiter oben ausgeführt, erfordert die Eröffnung mikratelektatischer Bezirke, der Lunge Eröffnungsdruckwerte von $\sim 10^4 \text{ dyn/cm}^2$ (37) und mehr. Wir finden

nach großen Oberbauchoperationen jedoch Patienten in der frühen bis späten postoperativen Phase an, die aufgrund von Wundschmerz, Apathie, Analgesie und teilweise bestehender Kachexie nicht in der Lage sind, spontan oder auch mit Anleitung ausreichend tiefe willkürliche Inspirationsmanöver zu vollführen, um die erforderlichen Eröffnungsdruckwerte nur im Annähern zu erreichen. Nachdem ein "Druck von außen" in jeder Hinsicht fehlt, wird es durch SMI-Therapie bei einer Aufrechterhaltung des deutlich erniedrigten Ventilationsniveaus bleiben; von der Ventilation ausgeschlossene Bezirke bleiben weiterhin nicht belüftet und bieten zudem einen guten Nährboden für bronchopulmonale Infektionen. Respiratorische Insuffizienz und bronchopulmonale Infektion besiegeln dann letztendlich allzuhäufig das Schicksal des Operierten.

Barber (3) stellte in einem Leserbrief in der Zeitschrift Respiratory Care (1977) die Frage, warum seine Methode der "volumenorientierten IPPB-Behandlung" v. a. bei älteren Patienten in der postoperativen Phase nach thorako-abdominalen Eingriffen (keine Sternotomien!) kein Erfolg beschieden war, ja zum Teil sogar Verschlechterungen eintraten.

In seiner etwas knapp bemessenen Beschreibung der Methode kristallisiert sich jedoch bereits als entscheidender Ansatzpunkt der Kritik heraus, daß er

lediglich fixe Inspirationsdrucke (PIP) von 20 cm H₂O anwandte. Dies machte Powers (3) im gleichzeitig veröffentlichten Antwortschreiben ebenfalls deutlich.

Paul und Downs (34) berichteten 1981 über Untersuchungen, postoperativ entstandene Atelektasen mit verschiedenen Inspirationsmanövern zu behandeln, um die funktionelle Residualkapazität zu erhöhen.

Sie verglichen die Effizienz von IPPB-Therapie/ SMI-Manövern anhand Incentive Spirometry und EPAP-Atmung (=Sponatmung gegen einen positiven endexpiratorischen Druck (PEEP) = + 5 cm H₂O) mit einer Maske an 8 Patienten, die sich einer Thorakotomie zur Implantation eines aortokoronaren Bypasses unterziehen mußten. Objektiviert wurde die Effizienz der Therapiemöglichkeiten mit dem Verhalten des endexpiratorischen transpulmonären Drucks (P_1).

Sowohl EPAP-Atmung als auch IPPB-Therapie konnten während der Behandlung den endexpiratorischen transpulmonären Druck P_1 erhöhen. Nach IPPB-Therapie fiel der P_1 -Wert jedoch unter die Ausgangswerte ab und erreichte diese nicht mehr. Nach PEEP-Therapie sank der endexpiratorische transpulmonäre Druck innerhalb von 30 min. auf die Ausgangswerte ab.

Ihre Folgerungen sind: PEEP-Atmung mittels Maske erhöhen die funktionelle Residualkapazität, Incentive Spirometry hat keinen bis wenig Erfolg, IPPB-Therapie verringert sogar das Lungenvolumen nach Behandlung! Betrachtet man jedoch wieder die Applikationsweise der IPPB-Behandlung so fallen zwei wesentliche mögliche Fehlerquellen auf:

1. Es wurden fixe Spitzendruckwerte $PIP = 20 - 25 \text{ H}_2\text{O}$ angewandt, deren Effizienz bereits angezweifelt werden darf.
2. Es wurde keine Atemfrequenz vorgegeben, die gering genug ist, die Inspirationsmanöver lang und tief genug zu vollführen.

Facit: Der Patient kann relativ hochfrequenz bei relativ kleinen Spitzendruckwerten atmen, die Therapie schlägt fehl, die Ergebnisse und Konsequenzen aus der Studie müssen in Frage gestellt werden. Zudem beziffert sich die Anzahl der untersuchten Patienten mit 8 recht gering.

Pfenninger und Roth (36) veröffentlichten 1977 eine Studie an 20 chirurgischen Patienten, die am ehesten zum Vergleich unserer Untersuchungen herangezogen werden kann.

Auch sie stellten eingangs heraus, daß eine Erhöhung der inspiratorischen Lungenvolumina ganz wesentlich ist für die Prophylaxe des postoperativ entstehenden Alveolar-kollapses.

Unter dem Titel "Intermittent Positive Pressure Breathing (IPPB) Versus Incentive Spirometer (IS) Therapy in the Postoperative Period" zeigten sie, daß bei Anwendung von IPPB mit Spitzendruckwerten und inspiratorischem Flow, die den jeweiligen Gegebenheiten des Patienten angepaßt wurden, inspiratorische Reservevolumina von (2240 ± 630) ml erzielt werden konnten im Vergleich zu (1960 ± 650) ml mit Incentive Spirometry = SMI-Manövern ($P_1 0,0005$). Die Studie besticht durch ihre ausführliche Darlegung die Methode, die einzelnen Volumina wurden sorgfältig registriert und tabellarisch dokumentiert. Zur Erzielung dieser hohen inspiratorischen Volumina bei IPPB-Therapie wurden, wie bei uns auch, Inspirationsdruck von 20 - 40 cm H_2O erforderlich ($P = 32$ mmHg), ohne jedoch wesentliches Mißgefühl oder gar Gefährdung des Patienten auszulösen.

Wohlgemerkt handelte es sich auch in unserer Studie um Patienten, die präoperativ relativ normale Lungenfunktionsparameter aufwiesen, lediglich leichte Restriktionen bzw. Obstruktionen wurden toleriert.

Ein Großteil der Untersuchungen über Pro und Contra der Inhalationstherapie wurde an internistischem Krankengut mit häufig chronischen, z. T. schwersten, pulmonalen Erkrankungen vollzogen (5, 10, 13, 14, 18, 42, 43). Positive oder negative Stimmen zur IPPB-Therapie in diesem gesonderten Indikationsfeld sollten im Augenblick

vom Standpunkt unserer Arbeit wertfrei betrachtet werden. Nachdem jedoch in zunehmendem Maß auch Patienten mit hohem Lebensalter und ausgeprägten pulmonalen Vorerkrankungen großen operativen Eingriffen unterzogen werden sollen, wird sich hier das Diskussionsfeld erweitern.

Was in unserer Studie nicht unerwähnt bleiben, sondern erfreulich positiv bewertet werden sollte, ist die signifikante Verbesserung des expiratorischen Reservevolumens nach IPPB-Therapie. Die Vergrößerung des ERV um ~ 100 ml und mehr hat einen großen Anteil an der Verminderung der FRC um ~ 360 ml.

Zum Verhalten der funktionellen Residualkapazität im Anschluß an große abdominale oder abdomino-thorakale Eingriffe konnten wir trotz intensiven Suchens nur eine relevante Arbeit finden, die Browner und Powers 1975 veröffentlichten.

Browner und Powers (8) berichteten 1975 im "Surgical Forum" über FRC-Bestimmungen an 13 chirurgischen Patienten in der postoperativen Phase: Die FRC-Bestimmungen erfolgten vor und nach 10-minütiger IPPB-Inhalation mit 5 ccm Kochsalzlösung und fixen inspiratorischen Spitzendrücken von 15 cm H₂O. Als Meßverfahren wandten

sie die Stickstoffauswaschmethode mit einem Gasgemisch von 40 % Sauerstoff - 60 % Argon an. Parallel wurde das Verhalten des arteriellen Sauerstoffpartialdrucks geprüft.

Im Gegensatz zu unseren Ergebnissen fanden sie bei 10 Patienten keine Verbesserung der FRC, ja sogar niedrigere Werte. Lediglich bei 3 Patienten konnte eine Steigerung der funktionellen Residualkapazität verifiziert werden, jedoch bei gleichzeitigem Abfall des arteriellen Sauerstoffpartialdrucks. Im Durchschnitt betrug der FRC-Abfall 416 ml, was einer Abnahme von 13 % gegenüber dem mittleren Ausgangswert entspricht.

Aus diesen Ergebnissen leiteten sie ab, daß IPPB-Behandlung in der postoperativen Phase nicht nur von wenig Nutzen sondern sogar möglicherweise gefährlich sein könne. Zugleich wiesen sie auf ein zusätzliches erhöhtes pulmonales Infektionsrisiko durch kontaminierte Respiratoren hin.

Hierzu sei gesagt, daß die Infektionsgefahr bei Anwendung von Einmalsets sowie täglicher Reinigung der Inhalationsgeräte auf ein Minimum reduziert werden kann.

Ansatzpunkte zur Kritik am Untersuchungsverfahren stellen einmal die Meßmethode selbst dar, insofern, als die Untersuchungszeit des Stickstoffauswaschvorgangs mit

~ 10 min. eine Belastung vor allem in der frühen postoperativen Phase für den Patienten darstellt, der zumeist aufgrund von Wundschmerz und Analgetikagabe nicht genügend kooperationsbereitschaft aufbringt oder aufbringen kann. Über 10 min. das Meßsystem dicht zu halten bei mehr oder weniger ausgeprägt vorhandener Dyspnoe oder Ateminsuffizienz des Patienten stellt ein weiteres Problem dar, die die Meßergebnisse wesentlich beeinflussen könnten. Bereits in unseren Untersuchungen mit der wesentlich kürzeren Einwaschzeit von ~ 1 min. war es schwierig, die Dichtigkeit des Systems zu gewährleisten.

Das Inhalationsverfahren selbst, bei dem fixe inspiratorische Spitzendruckwerte von 16 cm H₂O gewählt wurden, entspricht ebenfalls nicht den Empfehlungen des Respiratory Care Committee's der American Thoracic Society: die Problematik wurde bereits eingehend erörtert.

Es sei nur noch einmal darauf hingewiesen, daß wir bei unserem Inhalationsmodus nie Spitzendrucke von 20 cm H₂O unterschritten haben, d..h. sicherlich reichen die o. a. inspiratorischen Druckwerte von 15 cm H₂O nicht aus, um mikroatelektatische Bezirke in den abhängigen Lungenpartien des Patienten zu er-

weitern, bzw. auch eine Mobilisierung von häufig recht zähem Sekret (23, 41) zu ermöglichen.

Resümiert man die von uns gewonnenen Ergebnisse, so stellt die IPPB-Therapie ein durchaus effizientes Mittel dar, in der postoperativen Phase pulmonale Komplikationen zu reduzieren.

Unseres Erachtens kann mithilfe der IPPB-Therapie gerade bei alten Patienten mit Oberbauch- und Thoraxeingriffen erfolgreich versucht werden, ein leichtes bis mittelschweres akutes Lungenversagen therapeutisch anzugehen und so eine drohende Beatmung zu umgehen, die gerade bei diesen Patienten oft letal endet.

Neuerdings werden sogar vereinzelt Stimmen laut, auch in Fällen mit schweren akuten Lungenversagen durch eine forcierte IPPB-Therapie die Respiratortherapie zu ersetzen:

Neuhaus und Mitarbeiter (31) veröffentlichten 1981 eine "kritische Bewertung des Atemtrainings mit intermittierendem Überdruck bei akuten pulmonalen Störungen": 18 Patienten, die schwere pulmonale Komplikationen aufwiesen ($p_{aO_2} \leq 50$ Torr), wurden einer intensiven IPPB-Therapie mit Anweisung und Überwachung unterzogen.

Ihre Parameter waren zum einen das Atemzugvolumen, zum anderen das arterielle Sauerstoffpartialdruckverhalten.

Insgesamt konnte das Team in einem Prozentsatz von 68,3 % eine Reintubation mit Langzeitbeatmung bei Komplikationen im postoperativen Verlauf vermeiden. Sie fordert allerdings, die IPPB-Therapie als sinnvolle Maßnahme stündlich durchzuführen. Sie wie auch Bartlett (4) stellten heraus, daß die Prophylaxe und vor allem auch die Therapie mikroatelektatischer Bezirke solche kurzen Behandlungsintervalle fordern, da einmal entfaltete Alveolen nur für ca. 1 Stunde offen bleiben.

Unser Inhalationsschema auf der chirurgischen Intensivstation sieht Behandlungen von 2-stündigen Intervallen vor, zum einen, weil in diesen "Pausen" krankengymnastische Betreuung und die sonst notwendigen intensivtherapeutischen und pflegerischen Maßnahmen ihre Zeit beanspruchen, andererseits der postoperativ erheblich geschwächte Patient Ruhepausen benötigt.

Sollte sich jedoch die 1-Stunden-Theorie der Atelektasenprophylaxe weiterhin bestätigen, mußte unser Behandlungsplan revidiert werden.

4. Das Verhalten der dynamischen Lungenfunktionsparameter und des Atemwiderstands

Zu den dynamischen Lungenfunktionsparametern zählt man:

- den absoluten Einsekundenwert $FEV_{1.0}$, d. h. das Volumen, das in 1 Sekunde beim Ausatemstoßtest maximal expiriert werden kann
- abhängig von $FEV_{1.0}$ zu FVC den Tiffeneauwert $\frac{FEV_{1.0}}{FVC}$ (%), einem Verhältniswert in Prozent
- die maximale Ausatemstromstärke $PEFR$ = peak expiratory flow rate während des Ausatemstoßtests.

Der Atemwiderstand R_{OS} paßt sich zwanglos in die Reihe der dynamischen Lungenfunktionsparameter ein und soll deshalb hier mitbesprochen werden.

Im Gefolge der IPPB-Therapie kam es zu einer hochsignifikanten Zunahme des absoluten Einsekundenwertes $FEV_{1.0}$ und der maximalen Ausatemstromstärke $PEFR$.

Der Atemwiderstand (Resistance = R_{OS}) und der Tiffeneau-Wert ($\frac{FEV_{1.0}}{FVC}$) ergaben hingegen keine wesentlichen Änderungen nach IPPB-Therapie.

Parameter	$\text{FEV}_{1,0}$	$\frac{\text{FEV}_{1,0}}{\text{FVC}}\%$	PEFR (l/s)	$R_{os} \frac{\text{mbar}}{\text{l/s}}$
$\bar{x} (\tilde{x})$ vor IPPB	1148	77,5	3,4	4,6
$\bar{x} (\tilde{x})$ nach IPPB	1358	79,3	4,2	4,35
$\Delta \bar{x} (\Delta \tilde{x})$ nach-vor IPPB	+210	+ 1,9	0,81	-0,44
	**	n.s.	**	n.s.

Tab 9: Mittelwerte ($\bar{x}$) bzw. mittlere Schiefen ($\tilde{x}$) der dynamischen Lungenfunktionsparameter und des Atemwegswiderstandes bei der Beatmungsinhalation mit IPPB.

Die Bemühungen, mittels IPPB-Behandlung im Training und eine Stärkung der Atemmuskulatur zu erreichen, zeigen Erfolg am Beispiel der deutlichen Erhöhung der peak-expiratory-flow-rate (PEFR).

Als zusätzlich begünstigender Effekt der IPPB-Therapie auf die Verbesserung der expiratorischen Spitzenflow-raten kommt der Sekretmobilisierung ein wesentlicher Stellenwert zu.

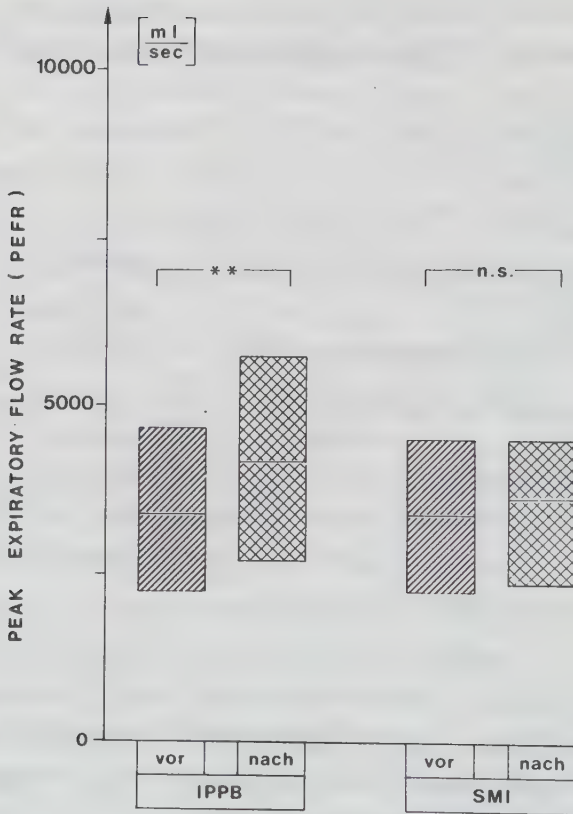


Abb. 24: Oberer und unterer Vertrauensbereich (VG_o/VG_u) und Mittelwert ($\bar{x}$ bzw. $\tilde{x}$) der peak expiratory flow-rate (PEFR) vor und nach Atemtherapie mittels IPPB- bzw. SMI-Verfahren.

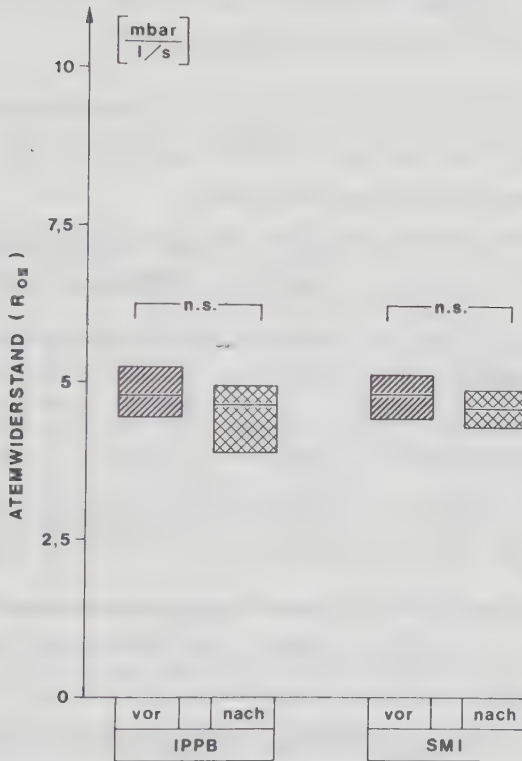


Abb. 25: Oberer und unterer Vertrauensbereich (VG_O/VG_U) und Mittelwert ($\bar{x}$ bzw. $\hat{x}$) des Atemwiderstands (R_{O_2}) vor und nach Atemtherapie mittels IPPB- bzw. SMI-Verfahren.

Die Arbeitsnypothese der Sekretmobilisierung wurde bereits eingangs diskutiert und wird auch von Kritikern (43, 47) als Positivum herangeführt.

Der sekretmobilisierende Effekt der IPPB-Inhalations-Therapie erweitert bzw. eröffnet das Kaliber der mittleren bis größeren Bronchien.

Parameter	FEV _{1.0} (ml)	$\frac{FEV_{1.0}}{FVC}(\%)$	PEFR $\frac{1}{s}$	R _{os} $\frac{mbar}{l/s}$
$\bar{x}$ ($\tilde{x}$) vor SMI	1189	83,3	3,4	4,6
$\bar{x}$ ($\tilde{x}$) nach SMI	1252	82,3	3,67	4,34
$\Delta \bar{x}$ ($\Delta \tilde{x}$) nach-vor SMI	63	- 1,1	+0,15	-0,26
	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Tab. 10: Mittelwerte ($\bar{x}$) bzw. mittlere Schiefen($\tilde{x}$)
des dynamischen Lungenfunktionsparameter und
des Atem - Widerstandes bei der Atemtherapie
mit maximalen willkürlichen Inspirationsma-
növern SMI.

Die deutlich geringeren Verbesserungen der Lungen-funktionsparameter nach SMI-Therapie sollen nicht dazu führen, dieses Inhalationsverfahren völlig ab-

zuschreiben, jedoch kaum ein wirkungsvoller therapeutischer Effekt nicht in dem gleichen Maße verifiziert werden. Es bleibt als Folgerung für das SMI-Verfahren nur der Sinn in einem solchen Atemtraining zu finden, der den Incentive-Spirometry-Übungen in etwa gleichzusetzen ist.

Die Patienten lernen beim SMI-Verfahren tief und ruhig einzuatmen, die Atemwege werden angefeuchtet und Medikamentenzusätze erreichen zumindest den Anteil des Respirationstraktes, der an der Ventilation teilnimmt.

Die Gebiete allerdings, die z.B. durch Mikroatelektasen von der Ventilation ausgeschlossen sind, können offensichtlich nicht erreicht oder eröffnet werden.

Die Inhalationsbehandlung mit Düsenverneblung und maximalen Inspirationsbemühungen stellt zumindest in der frühen bis späteren postoperativen Phase bei großen Oberbauch- oder Thorax-Oberbaucheingriffen nicht das Mittel der Wahl dar. Ihr Anwendungsgebiet sollte beschränkt bleiben auf ein Patientenkollektiv mit kleineren operativen Eingriffen, bei denen größere pulmonale Funktionseinbußen vorderhand nicht zu erwarten sind und lediglich eine Befeuchtung des Respirationstraktes sowie Atemübungen das Ziel der Behandlung sein sollten.

V. ZUSAMMENFASSUNG

Unmittelbar im Anschluß an große Oberbauch- bzw. Thoraxeingriffe kommt es zu einer ausgeprägten Einschränkung fast aller pulmonalen Funktionsparameter, die zu einer erheblichen Gefährdung der betreffenden Patienten führen kann.

Dieser Gefährdung muß durch intensive atemtherapeutische Maßnahmen entgegengewirkt werden, wobei der Beatmungsinhalation sowie aktiven Inspirationsmanövern ein bedeutender Stellenwert zukommt.

Nicht eindeutig geklärt sind jedoch immer noch viele Fragen nach Effizienz und Applikationsweise dieser Verfahren, die als Thema:

"Intermittent Positive Pressure Breathing (IPPB) versus Sustained Maximal Inspiration (SMI)"

einer kritischen Würdigung unterzogen werden sollten.

Die Untersuchung fand an 20 Patienten mit großen Abdominal- bzw. Thoraxeingriffen in der frühen postoperativen Phase (1. - 3. postoperativer Tag) in Form einer randomisierten Studie statt.

Die IPPB-Beatmungsinhalation erfolgte mit dem Gerät "Inhalog I" der Firma Draeger, die SMI-Behandlungen mit dem "Düsenvernebler" der Firma Heyer.

Nach einer Lungenfunktionsprüfung, beinhaltend alle statischen und dynamischen Lungenfunktionsparameter sowie den Atemwiderstand, wurden die Patienten in randomisierter Reihenfolge für 10 min. der IPPB-Inhalation bzw. SMI-Behandlung zugeführt. Vor und nach dem jeweiligen Atemtherapeutischen Verfahren wurde eine Erholungspause von 5 min. eingehalten, danach wurde erneut eine Lungenfunktionsprüfung vorgenommen.

Die Messung der Lungenfunktionsparameter erfolgte zum einen nach dem pneumotachographischen Meßprinzip mit dem mobilen Meßplatz "Pneumotest Junior OM/O1/F" (Firma Jaeger), die Bestimmung der funktionellen Residualkapazität und des Atemwiderstands mit Hilfe der Oszillationsmethode mit dem Gerät "Siregnost FD 5" (Firma Siemens).

Die Beatmungsinhalation wurde nach den Empfehlungsrichtlinien für IPPB-Behandlung des Respiratory Care Committee of the American Thoracic Society (39) als "coached IPPB" durchgeführt:

Es wurde kein fixer inspiratorischer Spitzendruck vorgegeben, sondern "volumenorientiert" vorgegangen, d.h. die Patienten wurden aufgefordert, nach Triggierung des Beatmungsgerätes ihre Lungen während einer langen langsamen Inspiration vom Ventilator auffüllen zu lassen, wobei der Spitzendruck periodisch so lange erhöht wurde, bis kein weiteres Ansteigen der inspiratorischen Kapazität mehr zu erzielen war. Kontrolliert wurde dieser Vorgang mit einem in den Expirationsschenkel eingebauten Wright-Spirometer. Die Tidalvolumina lagen dabei ca. 25 % über der inspiratorischen Kapazität.

Bei dem SMI-Verfahren wurden die Patienten dazu angehalten, das mit der Heyer'schen Düse vernebelte Aerosol mit maximalen Inspirationsmanövern bis hin zur inspiratorischen Kapazität vorzunehmen.

Die Atemfrequenz betrug 10/min., vernebelt wurden bei beiden Verfahren 5 ml einer physiologischen Kochsalzlösung.

Nach Beatmungsinhalation mit "coached IPPB" ließ sich eine hochsignifikante Zunahme der forcierten Vitalkapazität FVC, des expiratorischen Reservevolumens

ERV und der maximalen Ausatemstromstärke PEFR des Einsekundenwertes verifizieren, desweiteren eine signifikante Zunahme des inspiratorischen Reservevolumens IRV und der funktionellen Residualkapazität FRC.

Nach Atemtherapie mit SMI-Manövern kam es ebenfalls zu Verbesserungen der Lungenfunktionsparameter, jedoch blieben diese auf dem 5 %-Signifikanzniveau.

Der günstigere Effekt der IPPB-Beatmungsinhalation läßt sich zum größten Teil darin begründen, daß sich durch den erhöhten intrapulmonalen Druck während der Inspirationsphase - gerade in der frühen postoperativen Phase - sich ausbildende mikroateletatische Bezirke vor allem der basalen Lungenpartien rein mechanisch wieder aufdehnen lassen, was durch Atemtherapie mit maximalen Inspirationsmanövern nicht mehr im gleichen Ausmaß gelingt. Zugleich kann der positive Beatmungsdruck begünstigend auf die Mobilisierung von zunehmend zäher werdendem Sekret im Atemtrakt wirken.

Als Résumé unserer Untersuchungen darf gesagt werden, daß die IPPB-Beatmungsinhalation gerade bei akuter postoperativer pulmonaler Funktionseinbuße in der

"volumenorientierten Form" ein adäquates Mittel der Behandlung darstellt. SMI-Manöver können diese positive Wirkung zusätzlich unterstützen, vermögen jedoch als alleiniges Therapieverfahren keine ausreichend effektive Verbesserung der eingeschränkten Ventilation zu erzielen.

VI LITERATURVERZEICHNIS

1. Albegger K.W: Klinische Aspekte der Aerosol-behandlung. Subsidia Medica, Sonderdruck aus 28. Jahrgang, Heft 1/2, 1976.
2. Bakow, E.D.: Sustained maximal inspiration-a rationale for its use. Resp. Care 22: 379 (1977)
3. Barber, E., W.E. Powers: Volume-oriented IPPB revisited. (Letter to the editor) Resp. Care 25: 1057 (1980)
4. Bartlett, R. H., A. B. Gasszaniga, T.R. Geraghty: Respiratory maneuvers to prevent postoperative pulmonary complications. JAMA 224: 1017 (1973)
5. Birnbaum, M.L., E.M. Cree, H. Rasmussen, P. Lewis, J.K. Curtis: Effects of intermittent positive pressure breathing on emphysematous patients. Am. J.Med. 41: 552 (1966)

6. Braun U., E. Voigt: Die Rolle von ventilatorischen Verteilungsstörungen bei der späten postoperativen Hypoxämie nach Oberbauchlaparatomien. Anästhesist 27: 163 (1978)
7. Brooks, E.W.: Intermittent positive pressure breathing: Good medicine or gadgetry? Journal MSMA 17: 295 (1976)
8. Browner, B., S.R. Powers: Effect of IPPB on functional residualcapacity and blood gases in postoperative patients. Surg. Forum 26: 96 (1975)
9. Carlsson, C., B.Sonden, U. Thylen: Can postoperative continuous positive airway pressure (CPAP) prevent pulmonary complications after abdominal surgery? Intens. Care Med. 7: 225 (1981)
10. Cherniack, R.M., E. Svanhill: Long-term use of intermittent positive pressure breathing (IPPB) in chronic obstructive pulmonary disease. Am. Rev. Resp. Dis. 113: 721 (1976)

11. Cottrell, J.E., E.S. Siker: Preoperative intermittent positive pressure breathing therapy in patients with chronic obstructive lung disease: effect on postoperative pulmonary complications. *Anest. Analg.* 52: 258 (1973)

12. Fibuch, E.E., K. Rehder, A.D. Sessler: Preoperative CG/FRC ratio and postoperative hypoxemia. *Anaesthesiology* 43: 481 (1975)

13. Fouts, J.B., R.E. Brashear: Intermittent positive pressure breathing: a critical appraisal. *Postgrad. Med.* 59: 103 (1976)

14. Gold, M.I., M. Helvich: A study of the complications related to anesthesia in asthmatic patients. *Anesth. Analg.* 42: 283 (1963)

15. Gold, M.I.: The present status of IPPB therapy. *Chest* 67: 469 (1975)

16. Hamer, Ph.: Pulmonales Risiko sowie prä- und postoperative Atemtherapie des alten Menschen in der operativen Medizin. *Z. Gerontologie* 10: 445 (1977)

17. Heubner W.: Zschr. Aerosol-Forsch. 2: 533 (1925)
18. Hodgkin, J.E., E.G. Zorn: Intermittent positive pressure breathing (IPPB) in the outpatient management of chronic obstructive pulmonary disease. Resp. Care 26: 1095 (1981)
19. Holle, J.P., H. Magnussen, V. Hartmann: Measurement of oscillatory impedance during air and helium breathing. Prog. Resp. Res. 11: 162
20. Holle, J.P., H. Magnussen, V. Hartmann: Der Einfluß elastischer Eigenschaften der Lunge auf die oszillatorische Impedanzmessung. Atemwegs- und Lungenkrankheiten 6: 232 (1980)
21. Immich, H.: Medizinische Statistik. Stuttgart - New York: Schattauer 1974
22. Korn, V., M. Franetzki, U. Smidt: Oszillatorische Bestimmung der funktionellen Residualkapazität (FRC). Acta. Med. Austriaca 6: 136 (1979)

23. Lawin, P.: Die Beeinflussung der postoperativen Hypoxie durch intermittierende positive Druckbeatmung (klinisch-experimentelle Untersuchungen nach abdominalen Operationen). Habilitationsschrift zur Erlangung der venia legendi an der Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg 1969.
24. Mercurio, Ph., M.A. Welch, B. Shapiro: Patients role in IPPB (Letter to the Editor) Resp. Care 25: 717 (1980)
25. Miller, F.W.: Intermittent positive pressure breathing. Minnesota Medicine 47: 272 (1964)
26. Motley, H.L., L. Werko, A. Cournand, D. W. Richards: Observations on clinical use of intermittent positive pressure breathing. J. Aviation Med. 18: 417 (1947)
27. Motley, H.L., L.P. Lang, B. Gordon: The use of intermittent positive pressure breathing combined with nebulization in pulmonary disease. Am. J. Med. 5: 853 (1948)
28. Motley, H.L., A. Cournand, L. Werko, D.T. Dresdale, A. Himmelstein, D.W. Richards: Intermittent positive pressure breathing. JAMA 137: 370 (1948)

29. Motley, H.L., L.P. Lang, B. Gordon: Effect of intermittent positive pressure breathing on respiratory gas exchange. J. Av. Med. 21: 14 (1950)

30. Motley, H.L., J.F. Tomashefski: Treatment of chronic pulmonary diseases with intermittent positive pressure breathing. Arch. Med. Hyg. 5: 1 (1952)

31. Neuhaus, R., U. Lips, M. Zenz: Kritische Bewertung des Atemtrainings mit intermittierendem Überdruck bei akuten pulmonalen Störungen. Anästh. Intensivther. Notfallmed. 16: 203 (1981)

32. Noehren, Th. H.: Is positive pressure breathing overrated? Chest 57: 507 (1970)

33. Nolte, D., V. Korn: Oszillatorische Messung des Atemwegswiderstandes. München-Deisenhofen: Dustri-Verlag, Dr. Karl Feistle 1979

34. Paul W.L., MD, J.B. Downs, MD, FCCP. Postoperative Atelectasis. Arch. Surg. - Vol. 116, 1981

35. Petro, W., G. Gahlen, V. Korn, U. Smidt, J.A. Nakhosteen, N. Konietzko: Praktikabilität einer Schnellmethode zur Bestimmung des Residualvolumens mittels Analyse der Heliumdichte. Prax. Pneumol. 34: 541 (1980)
36. Pfenninger, J., F. Roth: Intermittent positive pressure breathing (IPPB) versus incentive Spirometry (IS) therapy in the postoperative period. Intens. Care Med. 3: 279 (1977)
37. Pieper, J., H.P. Koepchen: Atmung. Urban & Schwarzenberg München, Berlin, Wien 1975
38. Powers, W.E., D.R. Morrison: Evaluation of inspired volumens in postoperative patients receiving volume-oriented IPPB. Respir. Care 23: 39 (1978)
39. Respiratory Care Committee of the American Thoracic Society: Guidelines for the use of intermittent positive pressure breathing (IPPB). Resp. Care 25: 365 (1980)

40. Robbins, D.W.: Intermittent positive pressure breathing (Letter to the Editor). Chest 74: 606 (1978)

41. Rügheimer, E.: Inhalationstherapie. In: Lehrbuch der Anaesthesiologie, Reanimation und Intensivtherapie, 5. Auflage. Benzer, H., R. Frey, W. Hügin, O. Mayrhofer (eds.). Berlin-Heidelberg-New York: Springer 1981, pp. 788 - 798

42. Sheldon, G.P.: IPPB: Yes or no? (Letter to the Editor). Chest.69: 133 (1976)

43. Shim, Ch., S. Bajwa, M.H. Williams: The effect of inhalation therapy on ventilatory function and expecttoration. Chest 73: 798 (1978)

44. Welch, M.A., B.U. Hasbrouck: Sustained maximal inspiration and IPPB: Proper evaluation in post-operative patients. Respir. Care 22: 1188 (1977)

45. Welch, M.A., B.J. Shapiro, Ph. Mercurio, W. Wagner, G. Hirayama: Methods of intermittent positive pressure breathing. Chest 78: 463 (1980)

46. Welch, A.M.: IPPB, SMI, gloves: good or bad?
(Letter to the Editor) Chest 79: 615 (1981)
47. Wu, N., W.F. Miller, K. Cade, P. Richburg:
Intermittent positive pressure breathing in
patients with chronic bronchopulmonary disease.
Am. Rev. Tubercul. Pulm. Dis. 71: 693 (1955)

VII. ANHANG

Computerauszüge der einzelnen Vergleichstests.

FRAGESTELLUNG: AZV; vor gegen nach IPPB

WILCOXON - Test fuer Paardifferenzen:

n = 20

n(w) = 6

S(u) = 0

S(o) = 0

S = 9.0 (o)

(o) kein signifikanter Unterschied

(x) p liegt zwischen .050 und .050

(*) p ist kleiner als .050

Datum: 17.05.82

Band-Nr. : 7

Block-Nr.: 0; 3

FRAGESTELLUNG: RR; vor gegen nach IPPB

Pruefung auf Homogenitaet:

$f(H) = 18$

$t(T) = 2.1009$

$t(H) = 2.0562$

Arithm. Mittel der Differenzen:			.9
Standardabweichung	:	$\pm$	1.7
Vertrauensbereich	:	$\pm$	.8
95%-Vertrauensgrenzen	:	.1 -	1.7
Fallzahl	:		20.0

t - Test fuer Paardifferenzen:

$f = 19$

$t(u) = 2.0930$

$t(o) = 2.8609$

$t(p) = 2.3077 (x)$

(o) kein signifikanter Unterschied

(x) p liegt zwischen .050 und .010

(*) p ist kleiner als .010

Datum: 17.05.82

Band-Nr. : A

Block-Nr.: 6; 9

FRAGESTELLUNG: FVC; vor gegen nach IPPB

Pruefung auf Homogenitaet:

$f(H) = 18$

$t(T) = 2.1009$

$t(H) = 3.9777$

Arithm. Mittel der Differenzen:		-275.0
Standardabweichung	:	± 194.0
Vertrauensbereich	:	± 90.8
95%-Vertrauensgrenzen	:	-365.8 - -184.2
Fallzahl	:	20.0

WILCOXON - Test fuer Paardifferenzen:

$n = 20$

$n(w) = 17$

$S(u) = 35$

$S(o) = 23$

$S = .0 (*)$

(o) kein signifikanter Unterschied

(x) p liegt zwischen .050 und .010

(*) p ist kleiner als .010

Datum: 17.05.82

Band-Nr. : A

Block-Nr.: 12; 15

FRAGESTELLUNG: IRV; vor gegen nach IPPB

Pruefung auf Homogenitaet:

$$f(H) = 18$$

$$t(T) = 2.1009$$

$$t(H) = 1.3758$$

Arithm. Mittel der Differenzen:		-136.3
Standardabweichung	:	± 244.5
Vertrauensbereich	:	± 114.4
95%-Vertrauensgrenzen	:	-250.7 - -21.9
Fallzahl	:	20.0

t - Test fuer Paardifferenzen:

$$f = 19$$

$$t(u) = 2.0930$$

$$t(o) = 2.8609$$

$$t(p) = 2.4922 (x)$$

(o) kein signifikanter Unterschied

(x) p liegt zwischen .050 und .010

(*) p ist kleiner als .010

Datum: 17.05.82

Band-Nr. : A

Block-Nr.: 18; 21

FRAGESTELLUNG: ERV; vor gegen nach IPPB

WILCOXON - Test fuer Paardifferenzen:

$n = 20$

$n(w) = 18$

$S(u) = 40$

$S(o) = 28$

$S = 17.0$ (*)

(o) kein signifikanter Unterschied

(x) p liegt zwischen .050 und .010

(*) p ist kleiner als .010

Datum: 17.05.82

Band-Nr. : A

Block-Nr.: 24; 27

FRAGESTELLUNG: FEV(1,0); vor gegen nach IPPB

Pruefung auf Homogenitaet:

$f(H) = 18$

$t(T) = 2.1009$

$t(H) = 2.1386$

Arithm. Mittel der Differenzen:		-210.0
Standardabweichung	:	$\pm$ 100.7
Vertrauensbereich	:	$\pm$ 64.4
95%-Vertrauensgrenzen	:	-274.4 - -145.6
Fallzahl	:	20.0

WILCOXON - Test fuer Paardifferenzen:

$n = 20$

$n(w) = 20$

$S(u) = 52$

$S(o) = 38$

$S = .0 (*)$

(o) kein signifikanter Unterschied

(x) p liegt zwischen .050 und .010

(*) p ist kleiner als .010

Datum: 17.05.82

Band-Nr. : A

Block-Nr.: 30; 33

FRAGESTELLUNG: FEV %; vor gegen nach IPPB

Prüfung auf Homogenität:

$f(H) = 18$

$t(T) = 2.1009$

$t(H) = .1581$

Arithm. Mittel der Differenzen:		-1.9
Standardabweichung	:	± 8.1
Vertrauensbereich	:	± 3.8
95%-Vertrauensgrenzen	:	-5.7 - 1.9
Fallzahl	:	20.0

t - Test fuer Paardifferenzen:

$f = 19$

$t(u) = 2.0930$

$t(o) = 2.8609$

$t(p) = 1.0165$ (o)

(o) kein signifikanter Unterschied
(x) p liegt zwischen .050 und .010
(*) p ist kleiner als .010

Datum: 17.05.82

Band-Nr. : A
Block-Nr.: 36; 39

FRAGESTELLUNG: PEFR; vor gegen nach IPPB

Pruefung auf Homogenitaet:

$$f(H) = 18$$

$$t(T) = 2.1009$$

$$t(!) = 1.5338$$

Arithm. Mittel der Differenzen:			-.291
Standardabweichung	:	±	.443
Vertrauensbereich	:	±	.207
95%-Vertrauensgrenzen	:	-.498 -	-.084
Fallzahl	:		20.000

t - Test fuer Paardifferenzen:

$$f = 19$$

$$t(u) = 2.0930$$

$$t(o) = 2.8609$$

$$t(p) = 2.9334 (*)$$

- (o) kein signifikanter Unterschied
- (x) p liegt zwischen 2.050 und .010
- (*) p ist kleiner als .010

Datum: 17.05.82

Band-Nr. : A
Block-Nr.: 42; 45

FRAGESTELLUNG: Rst; vor gegen nach IPPB

Pruefung auf Homogenitaet:

$$f(H) = 18$$

$$t(T) = 2.1009$$

$$t(H) = .8008$$

Arithm. Mittel der Differenzen:			.25
Standardabweichung	:	$\pm$	1.48
Vertrauensbereich	:	$\pm$	.69
95%-Vertrauensgrenzen	:	-.44 -	.94
Fallzahl	:		20.00

t - Test fuer Paardifferenzen:

$$f = 19$$

$$t(u) = 2.0930$$

$$t(o) = 2.8609$$

$$t(p) = .7562 \quad (o)$$

(o) kein signifikanter Unterschied

(x) p liegt zwischen .050 und .010

(*) p ist kleiner als .010

Datum: 17.05.82

Band-Nr. : A

Block-Nr.: 48; 51

FRAGESTELLUNG: FRC; vor gegen nach IPPB

WILCOXON - Test fuer Paardifferenzen:

n = 20

n(w) = 20

S(u) = 52

S(o) = 38

S = 51.0 (x)

(o) kein signifikanter Unterschied

(x) p liegt zwischen .050 und .010

(*) p ist kleiner als .010

Datum: 17.05.82

Band-Nr. : A

Block-Nr.: 54; 57

FRAGESTELLUNG: AZV; vor gegen nach Heyer

WILCOXON - Test fuer Paardifferenzen:

n = 20

n(w) = 14

S(u) = 21

S(o) = 13

S = 22.0 (o)

(o) kein signifikanter Unterschied

(x) p liegt zwischen .050 und .010

(*) p ist kleiner als .010

Datum: 17.05.82

Band-Nr. : A

Block-Nr.: 60; 63

FRAGESTELLUNG: RR; vor gegen nach Heyer

WILCOXON - Test fuer Paardifferenzen:

n = 20 n(w) = 8

S(u) = 4 S(o) = 0

S = 16.0 (o)

(o) kein signifikanter Unterschied

(x) p liegt zwischen .050 und .010

(*) p ist kleiner als .010

Datum: 17.05.82

Band-Nr. : A
Block-Nr.: 66; 69

FRAGESTELLUNG: FVC; vor gegen nach Heyer

WILCOXON - Test fuer Paardifferenzen:

$n = 20$

$n(w) = 15$

$S(u) = 25$

$S(o) = 16$

$S = 27.5 (o)$

(o) kein signifikanter Unterschied

(x) p liegt zwischen .050 und .010

(*) p ist kleiner als .010

Datum: 17.05.82

Band-Nr. : A

Block-Nr.: 72; 75

FRAGESTELLUNG: IRV; vor gegen nach Heyer

WILCOXON - Test fuer Paardifferenzen:

$n = 20$

$n(w) = 16$

$S(u) = 30$

$S(o) = 20$

$S = 32.5 (o)$

(o) kein signifikanter Unterschied

(x) p liegt zwischen .050 und .010

(*) p ist kleiner als .010

Datum: 17.05.82

Band-Nr. : A

Block-Nr.: 78; 81

FRAGESTELLUNG: ERV; vor gegen nach Heyer

WILCOXON - Test fuer Paardifferenzen:

n	= 20	n(w)	= 11
S(u)	= 11	S(o)	= 5
S	= 27.5 (o)		

(o) kein signifikanter Unterschied
(x) p liegt zwischen .050 und .010
(*) p ist kleiner als .010

Datum: 17.05.82

Band-Nr. : A
Block-Nr.: 84; 87

FRAGESTELLUNG: FEV (1,0); vor gegen nach Heyer

Pruefung auf Homogenitaet:

$f(H) = 18$

$t(T) = 2.1009$

$t(H) = .2323$

Arithm. Mittel der Differenzen:		-63.0
Standardabweichung	:	$\pm$ 181.7
Vertrauensbereich	:	$\pm$ 85.0
95%-Vertrauensgrenzen	:	-148.0 - 22.0
Fallzahl	:	20.0

t - Test fuer Paardifferenzen:

$f = 19$

$t(u) = 2.0930$

$t(o) = 2.8609$

$t(p) = 1.5504$ (o)

(o) kein signifikanter Unterschied

(x) p liegt zwischen .050 und .010

(*) p ist kleiner als .010

Datum: 17.05.82

Band-Nr. : A

Block-Nr.: 90; 93

FRAGESTELLUNG: FEV %; vor gegen nach Heyer

Pruefung auf Homogenitaet:

$$f(H) = 18$$

$$t(T) = 2.1009$$

$$t(H) = 1.2761$$

Arithm. Mittel der Differenzen:		1.1
Standardabweichung	:	± 10.3
Vertrauensbereich	:	± 4.8
95%-Vertrauensgrenzen	:	-3.7 - 5.9
Fallzahl	:	20.0

t - Test fuer Paardifferenzen:

$$f = 19$$

$$t(u) = 2.0930$$

$$t(o) = 2.8609$$

$$t(p) = .4571 \text{ (o)}$$

(o) kein signifikanter Unterschied
(x) p liegt zwischen .050 und .010
(*) p ist kleiner als .010

Datum: 17.05.82

Band-Nr. : A
Block-Nr.: 96; 99

FRAGESTELLUNG: PEFR; vor gegen nach Heyer

Pruefung auf Homogenitaet:

$f(H) = 18$

$t(T) = 2.1009$

$t(H) = .2573$

Arithm. Mittel der Differenzen:			-.008
Standardabweichung	:	$\pm$	.183
Vertrauensbereich	:	$\pm$	.086
95%-Vertrauensgrenzen	:	-.094 -	.078
Fallzahl	:		20.000

t - Test fuer Paardifferenzen:

$f = 19$

$t(u) = 2.0930$

$t(o) = 2.8609$

$t(p) = .1829$ (o)

(o) kein signifikanter Unterschied

(x) p liegt zwischen .050 und .010

(*) p ist kleiner als .010

Datum: 17.05.82

Band-Nr. : A

Block-Nr.: 102; 105

FRAGESTELLUNG: Rst; vor gegen nach Meyer

Pruefung auf Homogenitaet:

$f(H) = 18$

$t(T) = 2.1009$

$t(H) = .9137$

Arithm. Mittel der Differenzen:		.26
Standardabweichung	:	1.01
Vertrauensbereich	:	.47
95%-Vertrauensgrenzen	:	.73
Fallzahl	:	20.00

t - Test fuer Paardifferenzen:

$f = 19$

$t(u) = 2.0930$

$t(o) = 2.8609$

$t(p) = 1.1552$ (o)

(o) kein signifikanter Unterschied

(x) p liegt zwischen .050 und .010

(*) p ist kleiner als .010

Datum: 17.05.82

Band-Nr. : A

Block-Nr.: 108; 111

FRAGESTELLUNG: FRC; vor gegen nach Heyer

WILCOXON - Test fuer Paardifferenzen:

n = 20

n(w) = 18

S(u) = 40

S(o) = 28

S = 73.5 (o)

(o) kein signifikanter Unterschied

(x) p liegt zwischen .050 und .010

(*) p ist kleiner als .010

Datum: 17.05.82

Band-Nr. : A

Block-Nr.: 114; 117

FRAGESTELLUNG: Diff. AZV; IPPB gegen Heyer

KOLMOGOROFF - SMIRNOW - Test

fuer zwei Stichproben (zweiseitig):

n 1 = 20

n 2 = 20

D(u) = .450

D(o) = .550

D = .350 (o)

(o) kein signifikanter Unterschied

(x) p liegt zwischen .050 und .010

(*) p ist kleiner als .010

Datum: 17.05.82

Band-Nr. : A

Block-Nr.: 120; 123

FRAGESTELLUNG: Diff. RR; IPPB gegen Heyer

KOLMOGOROFF - SMIRNOW - Test

fuer zwei Stichproben (zweiseitig):

$n_1 = 20$

$n_2 = 20$

$D(u) = .450$

$D(o) = .550$

$D = .250 (o)$

(o) kein signifikanter Unterschied

(x) p liegt zwischen .050 und .010

(*) p ist kleiner als .010

Datum: 17.05.82

Band-Nr. : A

Block-Nr.: 126; 129

FRAGLSTELLUNG: Diff. FVC; IPPB gegen Heyer

KOLMOGOROFF - SMIRNOW - Test

fuer zwei Stichproben (zweiseitig):

$n_1 = 20$

$n_2 = 20$

$D(u) = .450$

$D(o) = .550$

$D = .400 (o)$

(o) kein signifikanter Unterschied

(x) p liegt zwischen .050 und .010

(*) p ist kleiner als .010

Datum: 17.05.82

Band-Nr. : A

Block-Nr.: 132; 135

FRAGESTELLUNG: Diff. IRV; IPPB gegen Heyer

MW 1 = 140.3

s 1 = 242.1

MW 2 = 57.5

s 2 = 158.4

F - Test:

f 1 = 19

f 2 = 19

F(T) = 2.53

F = 2.34

t - Test fuer homogene Varianzen:

f = 38

t(u) = 2.0244

t(o) = 2.7116

t = 1.2791 (o)

(o) kein signifikanter Unterschied

(x) p liegt zwischen .060 und .010

(*) p ist kleiner als .010

Datum: 17.05.82

Band-Nr. : A

Block-Nr.: 138; 141

FRAGESTELLUNG: Diff. ERV; IPPB gegen Heyer

KOLMOGOROFF - SMIRNOW - Test

fuer zwei Stichproben (zweiseitig):

$n_1 = 20$

$n_2 = 20$

$D(u) = .450$

$D(o) = .550$

$D = .550 (*)$

(o) kein signifikanter Unterschied

(x) p liegt zwischen .050 und .010

(*) p ist kleiner als .010

Datum: 17.05.82

Band-Nr. : A

Elock-Nr.: 144; 147

FRAGESTELLUNG: Diff. FEV: (1,0); IPPB gegen Heyer

MW 1 = 210.0

s 1 = 100.7

MW 2 = 63.0

s 2 = 181.7

F - Test:

f 1 = 19

f 2 = 19

F(T) = 2.53

F = 3.25

t - Test fuer heterogene Varianzen:

f = 29

t(u) = 2.0452

t(o) = 2.7564

t = 3.1641 (*)

(o) kein signifikanter Unterschied

(x) p liegt zwischen .050 und .010

(*) p ist kleiner als .010

Datum: 17.05.82

Band-Nr. : A

Block-Nr.: 150; 153

FRAGESTELLUNG: Diff. FEV 3; IPPB gegen Heyer

MW 1 = 1.9

s 1 = 8.1

MW 2 = -1.1

s 2 = 10.3

F - Test:

f 1 = 19

f 2 = 19

F(T) = 2.53

F = 1.59

t - Test fuer homogene Varianzen:

f = 38.

t(u) = 2.0244

t(o) = 2.7116

t = .9896 (o)

(o) kein signifikanter Unterschied

(x) p liegt zwischen .050 und .010

(*) p ist kleiner als .010

Datum: 17.05.82

Band-Nr. : A

Block-Nr.: 156; 159

FRAGESTELLUNG: Diff. PEFR; IPPB gegen Heyer

MW 1 = .281

s 1 = .436

MW 2 = .008

s 2 = .183

F - Test:

f 1 = 19

f 2 = 19

F(T) = 2.53

F = 5.65

t - Test fuer heterogene Varianzen:

f = 25

t(u) = 2.0595

t(o) = 2.7874

t = 2.5808 (x)

(o) kein signifikanter Unterschied

(x) p liegt zwischen .050 und .010

(*) p ist kleiner als .010

Datum: 17.05.82

Band-Nr. : A

Block-Nr.: 162; 165

FRAGESTELLUNG: Diff. Rst; IPPB gegen Heyer

KOLMOGOROFF - SMIRNOW - Test

fuer zwei Stichproben (zweiseitig):

n 1 = 20

n 2 = 20

D(u) = .450

D(o) = .550

D = .250 (o)

(o) kein signifikanter Unterschied

(x) p liegt zwischen .050 und .010

(*) p ist kleiner als .010

Datum: 17.05.82

Band-Nr. : A

Block-Nr.: 168; 171

FRAGESTELLUNG: Diff. FRC; IPPB gegen Heyer

MW 1 = 358.3

s 1 = 728.1

MW 2 = 54.0

s 2 = 511.9

F - Test:

f 1 = 19

f 2 = 19

F(T) = 2.53

F = 2.02

t - Test fuer homogene Varianzen:

f = 38

t(u) = 2.0244

t(o) = 2.7116

t = 1.5287 (o)

(o) kein signifikanter Unterschied

(x) p liegt zwischen .050 und .010

(*) p ist kleiner als .010

Datum: 17.05.92

Band-Nr. : A

Block-Nr.: 174; 177

Lebenslauf

Am 12. September 1949 wurde ich, Rolf-Dietmar Ontrup,
als Sohn des Prokuristen Rolf Ontrup und seiner
Ehefrau Hildegard geb. Funke in Herne geboren.

1956 - 1960 Volksschulausbildung
1960 - 1969 Otto-Hahn-Gymnasium Herne
9. 6. 1969 Zeugnis der Hochschulreife

1969 - 1971 Apothekenpraktikum
7. 6. 1971 Apothekervorexamen

1972 - 1973 Bundeswehrdienst

SS 1973 Beginn des Studiums der Humanmedizin
an der Universität Erlangen-Nürnberg

26. 8. 1975 Ärztliche Vorprüfung

10. 4. 1980 3. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung

23. 4. 1980 Erhalt der Approbation

seit 18. 8. 1980 Tätigkeit als Assistenzarzt am
Kreiskrankenhaus Ebermannstadt

